



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**

**ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**ESTUDIO MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL Y  
USO DE SUELO DE LA RESERVA DE PRODUCCIÓN DE FAUNA  
CHIMBORAZO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL**

**ZAMBRANO ZAMBRANO LUIS ALFREDO**

**RIOBAMBA-ECUADOR**

**2016**

## HOJA DE CERTIFICACIÓN

EL TRIBUNAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA, que el trabajo de investigación titulado: **ESTUDIO MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELO DE LA RESERVA DE PRODUCCIÓN DE FAUNA CHIMBORAZO** de responsabilidad del señor Luis Alfredo Zambrano Zambrano, ha sido prolijamente revisado, quedando autorizada su presentación.

### TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN:



Ing. Agr. María Eugenia Samaniego Erazo.

**DIRECTORA**

Fecha: 08-08-2016



Ing. Agr. Paulina Beatriz Díaz Moyota Msc.

**MIEMBRO**

Fecha: 08-08-2016

**RIOBAMBA- ECUADOR**

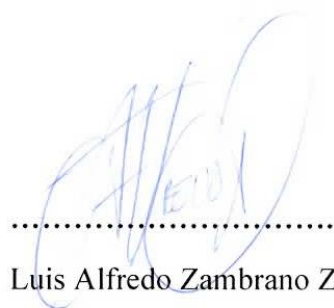
**2016**

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Luis Alfredo Zambrano Zambrano, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes y el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 10 de noviembre del 2016



Luis Alfredo Zambrano Zambrano

C.I. 0804312999

## **AUTORÍA**

La autoría del presente trabajo investigativo es de propiedad intelectual del autor y de la Escuela de Ingeniería Forestal de la ESPOCH

## **DEDICATORIA**

*El presente trabajo está dedicado a mi familia y a mi hijo quienes han sido la inspiración para realizar esta investigación, quienes me brindaron su apoyo y motivación en el transcurso de mi vida y formación profesional.*

*A mis amigos, aquellos que pusieron “su toque” de amistad, gracia y estima estos últimos años.*

*L.Z*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A mis padres Maiza y David, por la permanente confianza y educación que pudieron brindarme todos estos años, por los buenos recuerdos y sus enseñanzas de vida en los buenos y malos momentos.*

*A mi esposa Lucia, por su comprensión y dedicación, ayudándome a ser mejor persona cada día.*

*A mi hijo Sebastián, fuente de inspiración y motivación que me ayuda a seguir creciendo todos los días.*

*Al tribunal de mi trabajo de titulación, Ing. María Samaniego e Ing. Paulina Díaz, por dedicar su tiempo, conocimientos y experiencia para la culminación de esta investigación.*

*A la Ing. Pamela Paula, por la confianza, conocimientos y experiencia brindadas durante el desarrollo de este trabajo.*

*A la Dirección Provincial de Ambiente Chimborazo, por la ayuda en esta investigación.*

## ÍNDICE

### Contenidos

<b>LISTA DE CUADROS .....</b>	<b>i</b>
<b>LISTA DE MAPAS.....</b>	<b>ii</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS.....</b>	<b>iii</b>
<b>LISTA DE ANEXOS .....</b>	<b>iv</b>
<b>I. ESTUDIO MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELO DE LA RESERVA DE PRODUCCIÓN DE FAUNA CHIMBORAZO. ....</b>	<b>1</b>
<b>II. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
A. JUSTIFICACIÓN .....	3
B. OBJETIVOS .....	3
1. Objetivo General .....	3
2. Objetivos Específicos.....	3
C. HIPÓTESIS .....	4
1. Hipótesis nula.....	4
2. Hipótesis alternante .....	4
<b>III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>5</b>
A. RESERVA DE PRODUCCIÓN DE FAUNA CHIMBORAZO .....	5
1. Turismo .....	6
2. Formaciones Vegetales .....	6
3. Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental presentes en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo.....	7
B. LA COBERTURA VEGETAL Y LOS CAMBIOS DE USO DEL SUELO.....	14
1. Uso de la tierra .....	14
C. REFORMA AGRARIA Y COLONIZACIÓN EN EL ECUADOR (1969-1994) ...	16
D. CAMBIO CLIMÁTICO Y EL USO DE SUELO .....	17
1. Asentamientos humanos.....	17
2. Agricultura .....	18
3. Uso del Suelo .....	18

E. LOS PARAMOS DE CHIMBORAZO .....	18
F. CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR (MARCO LEGAL) .....	18
G. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG).....	20
1. Usos.....	21
2. Mapas temáticos .....	21
H. SENSORES REMOTOS .....	22
1. Georreferenciación .....	22
2. Clasificación Supervisada .....	22
3. Clasificación No Supervisada .....	22
I. ÍNDICE DE VEGETACIÓN DIFERENCIA NORMALIZADA (NDVI).....	23
1. NDVI y la fenología.....	23
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>25</b>
A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR .....	25
1. Localización .....	25
2. Ubicación geográfica <sup>1</sup> .....	25
3. Características climáticas <sup>2</sup> .....	25
B. MATERIALES .....	25
1. Materiales de oficina .....	25
<b>V. METODOLOGÍA.....</b>	<b>27</b>
A. TIPOS DE ECOSISTEMAS Y DE VEGETACIÓN, A TRAVÉS DE IMÁGENES SATELITALES Y FOTOGRAFÍAS AÉREAS DE DIFERENTES AÑOS. ....	27
1. Recopilación y diagnóstico de información secundaria.....	27
2. Generación de cartografía base .....	27
3. Elaboración de los mapas de cobertura vegetal y uso del suelo para los periodos 1962-1966; 2000 y 2010-2011. ....	28
B. FACTORES QUE HAN INCIDIDO EN LOS CAMBIOS DE VEGETACIÓN EN LOS DIFERENTES AÑOS. ....	30
1. Cronología de la RPFCH. ....	30
2. Determinación del Índice de la Diferencia Normalizada de la Vegetación (NDVI) del área estudiada. ....	30
C. ALTERNATIVAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA VEGETACIÓN COMO PARTE DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.....	32
<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>33</b>



A. TIPOS DE ECOSISTEMAS Y DE VEGETACIÓN, A TRAVÉS DE IMÁGENES SATELITALES Y FOTOGRAFÍAS AÉREAS DE DIFERENTES AÑOS. ....	33
1. Periodos evaluados.....	33
B. CONSTRUCCIÓN Y CLASIFICACIÓN SUPERVISADA DE LOS PERIODOS 1962-1966; 2000; 2010-2011.....	39
1. Análisis y clasificación supervisada.....	39
C. FACTORES QUE HAN INCIDIDO EN LOS CAMBIOS DE VEGETACIÓN EN LOS DIFERENTES AÑOS. ....	43
1. Cronología de la RPFCH .....	43
2. Índice de vegetación diferencia normalizada (NDVI) .....	44
3. Dinámica del NDVI en la RPFCH .....	50
D. ALTERNATIVAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA VEGETACIÓN COMO PARTE DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.....	52
1. Recurso Turismo .....	52
2. Recurso Agua .....	52
3. Ecosistemas .....	52
4. Alternativas de Conservación .....	54
<b>VII. CONCLUSIONES.....</b>	<b>55</b>
<b>VIII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>57</b>
<b>IX. RESUMEN.....</b>	<b>58</b>
<b>X. SUMMARY.....</b>	<b>59</b>
<b>XI. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>60</b>
<b>XII. ANEXOS .....</b>	<b>64</b>

**LISTA DE CUADROS**

<b>Cuadro 01.</b> Clasificación NDVI .....	23
<b>Cuadro 02.</b> Insumos Digitales .....	26
<b>Cuadro 03.</b> Rangos e interpretación del NVDI .....	32
<b>Cuadro 04.</b> Ecosistemas de la RPFCH, periodos 1962-1966; 2000; 2010-2011.....	39
<b>Cuadro 05.</b> Dinámica Porcentual del NDVI en los años 1987;2000 y 2015.....	50

## LISTA DE MAPAS

<b>Mapa 01.</b> Periodo 1962-1966 (RPFCH). Instituto Geográfico Militar.....	33
<b>Mapa 02.</b> Clasificación Ecosistémica, Periodo 1962-1966, RPFCH.....	34
<b>Mapa 03.</b> Periodo 2000 (RPFCH). Instituto Geográfico Militar. ....	35
<b>Mapa 04.</b> Clasificación Ecosistémica, Periodo 2000, RPFCH. ....	36
<b>Mapa 05.</b> Periodo 2010-2011 (RPFCH). Instituto Geográfico Militar.....	37
<b>Mapa 06.</b> Clasificación Ecosistémica, Periodo 2010-2011, RPFCH.....	38
<b>Mapa 07.</b> Índice de Vegetación Diferencia Normalizada, RPFCH (1987).....	45
<b>Mapa 08.</b> Rango de Precipitaciones Medias Anuales, RPFCH (2001).....	46
<b>Mapa 09.</b> Índice de Vegetación Diferencia Normalizada, RPFCH (2000).....	47
<b>Mapa 10.</b> Índice de Vegetación Diferencia Normalizada, RPFCH (2015).....	49
<b>Mapa 11.</b> Rango de Temperaturas Medias Anuales, RPFCH (2013).....	49
<b>Mapa 12.</b> Rango de Precipitaciones Medias Anual, RPFCH (2001).....	50

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Grafico 01.</b> Ecosistemas de la RPFCH, Periodos 1962-1966; 2000; 2010-2011. ....	42
<b>Grafico 02.</b> NDVI de los años 1987,2000 y 2015.....	51

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 01.</b> Foto índice. Chimborazo-Tixan .....	64
<b>Anexo 02.</b> Foto índice. Riobamba .....	65
<b>Anexo 03.</b> Foto índice. Carta Nacional. ....	66
<b>Anexo 04.</b> Solicitud-Firma de Convenio ESPOCH-IGM. ....	67
<b>Anexo 05.</b> Solicitud Fotografías Aéreas. IGM. ....	68
<b>Anexo 06.</b> Solicitud Imágenes Satelitales. IEE. ....	69
<b>Anexo 07.</b> Acta Entrega, Fotografías Aéreas. IGM. ....	70
<b>Anexo 08.</b> Ecosistemas Chimborazo (MAE. 2013) .....	71

## **I. ESTUDIO MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELO DE LA RESERVA DE PRODUCCIÓN DE FAUNA CHIMBORAZO**

### **II. INTRODUCCIÓN**

Una de las principales Áreas Protegidas del Ecuador, es la Reserva de Producción Faunística Chimborazo, declarada el 26 de octubre de 1987 como tal, se ubica en las provincias Bolívar, Chimborazo y Tungurahua, posee una superficie de 58560 ha, de acuerdo a la clasificación que realizó Sierra 1999 (citado por ECOLAP y MAE. 2007), la Reserva presenta formaciones vegetales como: bosque siempre verde montano alto, paramo herbáceo, paramo seco y Gelidofitia pues abarca a dos imponentes volcanes; el Chimborazo y el Carihuairazo.

Las actividades antropogénicas dentro y fuera de la reserva, tales como el pastoreo extensivo e intensivo, principalmente de ovejas y ganado vacuno, han ocasionado daños por pisoteo a la vegetación nativa, a diferencia de los camélidos que causan un menor daño a la vegetación y al suelo debido a que poseen en sus pezuñas una estructura característica, otro particular problema que presenta la reserva es la quema del pajonal, ya que esta práctica es la preferida por las comunidades para obtener pastos tiernos y frescos, indiscutiblemente esta actividad ocasiona pérdida de grandes extensiones de la cobertura vegetal presente en el Área Protegida.

El 11 de julio de 1964 se pone en vigencia en el Ecuador la primera Ley de Reforma Agraria y Colonización, esta consideraba un nuevo concepto de derecho de tierra, donde estipulaba que esta debe rendir según el grado de potencialidad que tuviera, limitando que un propietario tuviera una gran extensión de tierra, con el objetivo de que se eliminara los latifundios, las tierras sin ningún uso productivo y los minifundios: Esta reforma como tal, buscaba también la reversión de tierras sin ninguna vocación, consideradas como aquellas que hayan permanecido ociosas por 10 años, bajo este contexto lógicamente se excluía razonables extensiones de reserva.

Desde la aplicación de la reforma hasta 30 años después, los Andes ecuatorianos sufrieron notables transformaciones, ocasionando en el caso de las provincias centrales de la sierra,

que las actividades agrícolas se expandieron directamente en el páramo donde las condiciones ambientales no eran convenientes para cultivos de una sola variedad, ya que la producción era insuficiente, por consiguiente en esta zona se utiliza paulatinamente la rotación de cultivos, con especial énfasis en la papa en asociación con otros cultivos: desde 1964 aumento la presión demográfica en el campo, la tala del bosque y la ocupación de tierras ociosas, haciendo difícil estimar los cambios ocurridos a través del tiempo.

Ciertamente el uso de herramientas digitales, facilitadas por los sensores que se encuentra orbitando el planeta e instalados en satélites, nos permiten obtener imágenes satelitales de la tierra, las cuales son la base para procesos que permiten analizar a través del tiempo las distintas coberturas que la conforman, obteniendo una representación gráfica de la cobertura vegetal y uso del suelo con respecto a un año específico, condicionando una secuencia dinámica de niveles jerárquicos, que varían a través del tiempo y con esto conocer los cambios de la zona de estudio, determinado las principales causas y efectos, provocados por acciones naturales y antropogénicas, que directa o indirectamente han propiciado cambios visibles en la reserva.

En el presente trabajo se conocerá la cobertura vegetal y uso de suelo de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, utilizando fotografías aéreas y ortofotos de diferentes años, las cuales se analizarán para determinar los tipos de ecosistemas y de vegetación, estableciendo de esa manera los factores que han incidido en los cambios de vegetación en los diferentes años, con el propósito de formular alternativas para la conservación de la vegetación como parte de servicios ecosistémicos.

## **A. JUSTIFICACIÓN**

A través de este estudio multitemporal, se buscó generar información espacial de la cobertura vegetal y uso del suelo para diferentes años de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, a fin de analizar los porcentajes y comportamiento del uso de suelo y cambio de cobertura vegetal, para entender la dinámica ecosistémica que ha experimentado la reserva, las actividades y eventos que han surgido en los últimos años, lo cual permitió definir las variables más relevantes que influyen en cambio del estrato vegetal.

Construyendo de esta manera una herramienta de gestión, que permita vincular aquellos factores físicos, climáticos y sociales que de alguna u otra forma han ocasionado cambios notorios en la composición vegetal, y formular alternativas para la conservación de la vegetación como parte de servicios ecosistémicos, generando información que incentive a garantizar la conservación y así la disponibilidad de recursos naturales para las futuras generaciones.

## **B. OBJETIVOS**

### **1. Objetivo General**

- a. Realizar un estudio multitemporal de la cobertura vegetal y uso de suelo de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo.

### **2. Objetivos Específicos**

- a. Determinar los tipos de ecosistemas y de vegetación, a través de imágenes satelitales y fotografías aéreas de diferentes años.
- b. Establecer qué factores han incidido en los cambios de vegetación en diferentes años.
- c. Formular alternativas para la conservación de la vegetación como parte de servicios ecosistémicos.



## **C. HIPÓTESIS**

### **1. Hipótesis nula**

La cobertura vegetal y el uso de suelo no están expuestos a cambios en el transcurso del tiempo.

### **2. Hipótesis alternante**

La cobertura vegetal y el uso de suelo están expuestos a cambios en el transcurso del tiempo.

### **III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

#### **A. RESERVA DE PRODUCCIÓN DE FAUNA CHIMBORAZO**

Esta área protegida se encuentra en la cordillera interandina y posee los imponentes volcanes como son el Chimborazo considerado el volcán más alto del Ecuador y el Carihuairazo, el 90% de los deshielos son dirigidos hacia oriente ecuatoriano formando parte de la cuenca del río Pastaza, el cual llega al río Amazonas y el resto hacia la costa ecuatoriana alimentando al río Guaranda.

Esta Reserva alberga una gran población de vicuñas reintroducidas desde Chile y Perú en 1988, y 38 comunidades indígenas y campesinas, las cuales cultivan habas, cebada, mellocos, ocas, papas y pastan a sus animales en las tierras altas de la Reserva (ECOLAP y MAE, 2007). Existen muchas comunidades indígenas, interesantes por sus costumbres ancestrales que se han mantenido invariables desde tiempos remotos. En la actualidad, las comunidades que se ubican en las cercanías de la Reserva se dedican a la agricultura y al pastoreo extensivo e intensivo. (Yáñez, Núñez, Carrera , & Martínez, 2011)

Según varios autores la vegetación nativa de la Reserva se ve afectada principalmente por el pastoreo de ovejas y ganado vacuno; la quema de pajonal ya que es un mecanismo a través del cual las comunidades obtienen pasto fresco y tierno para los animales, el fuego destruye todo y después es poco probable que la biodiversidad del páramo se restituya. Por tanto, ganado y fuego son dos elementos que caracterizan a la presencia humana en estas zonas. (Yáñez, Núñez, Carrera , & Martínez, 2011)

Las principales amenazas que se indentifican en la Reserva de Produccion de Fauna Chimborazo son; la actividad agricola en zona no permitida, que ma de pajonales por actividad agropecuaria, actividad pecuaria (Pisoteo y Contaminacion), habilitacion de tierras para plantaciones forestales y extraccion de material petreo (Arena y Piedra). (MAE, 2016)

## 1. Turismo

El turismo en la RPFCH, representa un objetivo recreativo y de alta importancia, actualmente los beneficios de este, son aprovechados por opradoras turísticas de riobamba, quito, guayaquil y recientemente por las comunidades locales; ciertamente esto ha generado problemas tales como la generación de basura en algunos sitios y grafitis en el trayecto del refugio: esto representa para las comunidades conflictos por la captación de fondos para su comunidad, a más se suma la cultura de beneficio individual de cada comunidad, existiendo una diferencia de interés entre generaciones, el conjunto de estos problemas ocasiona que el desarrollo turístico tenga limitada sostenibilidad social, ambiental y económica. (MAE, 2016)

## 2. Formaciones Vegetales

Según el Sistema de Clasificación Vegetal propuesto por Sierra (1999) citado por ECOLAP y MAE. 2007, la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, presenta cuatro formaciones vegetales:

### a. **Bosque siempreverde montano alto (3 000–3 400 msnm)**

Su vegetación se conoce como Ceja Andina o flora de transición entre los bosques montanos altos y el páramo, similar al bosque nublado en su fisonomía, así como en la cantidad de musgos y plantas epífitas. La diferencia radica en el suelo que tiende a estar cubierto por una capa densa de musgo. Los árboles crecen de manera irregular, con troncos ramificados y en algunos casos muy inclinados o casi horizontales.

### b. **Páramo herbáceo (3 400 – 4 000 msnm)**

En su límite inferior se encuentra la Ceja Andina arbustiva o los campos cultivados, donde se ha deforestado el bosque andino, dominando las hierbas de los géneros Calamagrostis y Festuca, entremezcladas con arbustos medianos. (Sierra 1999 citado por ECOLAP y MAE. 2007).

**c. Páramo seco (sobre los 4 200 msnm hasta el límite nival)**

En esta formación la vegetación se alterna con parches de arena desnuda y se caracteriza por ser xerofítica, con escasas hierbas, arbustos, musgos y líquenes. En algunas montañas, los páramos desérticos comienzan a un nivel considerablemente más bajo. Por ejemplo, las laderas occidentales del Chimborazo, son secas y arenosas desde los 3 800 msnm. También existe un gran arenal en la cara suroccidental del volcán, semejante a las punas de Bolivia, donde la vegetación es escasa y dominan unas pocas especies de *Stipa*, *Calamagrostis*, arbustos y hierbas. En los páramos del Chimborazo el gradiente entre húmedo, semiseco y seco es muy evidente, entre la flora característica destaca: *Azorella pedunculata* (Apiaceae), *Chuquiraga jussieui*, *Hypochaeris sonchoides*, *Senecio microdon* y *S. comosus*, *Culcitium nivale*, *Werneria rigida* (Asteraceae), entre otras. (Sierra 1999 citado por ECOLAP y MAE. 2007)

**d. Gelidofitia (sobre los 4 700 msnm)**

La vegetación está sujeta a líquenes y musgos. Las plantas superiores (fanerógamas) prácticamente desaparecen y las que existen crecen a nivel subterráneo, los rizomas y raíces son muy desarrollados y las hojas diminutas.

**3. Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental presentes en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo**

De acuerdo al Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental, emitido por el Ministerio del Ambiente del Ecuador en el año 2013, en la Reserva de Producción de Fauna de Chimborazo existen los siguientes tipos de ecosistemas.

**a. Arbustal siempreverde y Herbazal del Páramo**

Arbustales frecuentemente dispuestos en parches de hasta 3 m de altura, mezclados con pajonales amacollados de alrededor de 1,20 m. Ramsay (1992) y Josse *et al.* (2003) lo consideran un ecosistema diferente localizado sobre la línea de bosque, sin embargo, otros autores consideraron a éste como franja del ecosistema de bosque montano alto.

La composición y estructura de este ecosistema cambia hacia la parte baja de su distribución altitudinal pues la riqueza de especies y promedio de altura de los arbustos y el número de arbolitos se incrementa.

En todo el país este ecosistema se caracteriza por la presencia de *Calamagrostis spp.* y especies arbustivas de los géneros *Baccharis*, *Gynoxys*, *Brachyotum*, *Escallonia*, *Hesperomeles*, *Miconia*, *Buddleja*, *Monnina* e *Hypericum*; especies de Ericaceae comunes en áreas más bajas pueden alcanzar mayores alturas que grupos de arbustos que se encuentran en el Herbazal del Páramo como *Disterigma acuminatum*, *D. alaternoides* y *Themistoclesia epiphytica*. Otras especies que dominan amplias áreas en los márgenes del bosque son *Miconia cladonia*, *M. dodsonii*, *Ilex sp.* y *Weinmannia fagaroides*.

#### **b. Bosque siempreverde del Páramo**

Bosques densos siempreverdes, con alturas entre 5 y 7 m (Jørgensen y Ulloa Ulloa 1994), que por efectos de las condiciones climáticas crecen de forma torcida y ramificada, confiriéndoles un aspecto muy particular. Este tipo de ecosistema se encuentra en formas de parches aislados en una matriz de vegetación herbácea o arbustiva (Acosta- Solís 1984; Beltrán *et al.* 2009). Estos parches tienden a ocurrir en sitios menos expuestos al viento y la desecación como laderas abruptas, fondo de los valles glaciares o en la base de grandes bloques de rocas de los circos glaciares (Luteyn 1999).

Debido a la alta humedad ambiental, los troncos de estos árboles ocasionalmente están cubiertos por muchas especies de briofitas, líquenes y epifitas. Estos bosques forman dos estratos diferenciados: el estrato arbóreo está dominado por pocas especies, debido a limitaciones fisiológicas que impiden el crecimiento leñoso (Bader *et al.* 2007); el dosel está generalmente compuesto por especies del género *Polylepis* junto con *Gynoxys spp.* y *Buddleja spp.*, aunque la dominancia de estos bosques varía mucho, llegando en algunos casos a formar unidades monotípicas de *Polylepis* o *Gynoxys* (Hofstede *et al.* 1998); de acuerdo a Jørgensen y Ulloa Ulloa (1994) las especies arbóreas características para estos bosques, que por lo general se presentan en densidades bajas, son *Escallonia myrtilloides*, *Hesperomeles obtusifolia*, *Myrsine andina* y *Oreopanax andreanus*. El estrato arbustivo-

herbáceo es denso y está generalmente compuesto por especies de los géneros *Arcytophyllum*, *Barnadesia*, *Berberis*, *Puya*, *Brachyotum*, *Calamagrostis*, *Cortaderia*, *Diplostephium*, *Disterigma*, *Greigia*, *Pernettya*, *Senecio* y *Valeriana*.

Estos bosques son uno de los ecosistemas montanos neotropicales más amenazados, su deterioro ha ocurrido desde hace cientos de años debido a cambios en el uso del suelo particularmente agricultura, pastoreo, leña y quemas lo que ha reducido considerablemente su distribución actual. (Kessler. 2006)

El aislamiento de estos parches boscosos confiere un elemento adicional de vulnerabilidad a los posibles efectos de extinciones locales en este ecosistema. (Coblentz y Keating 2008)

### **c. Herbazal del Páramo**

Herbazal denso dominado por gramíneas amacolladas mayores a 50 cm de altura; este ecosistema abarca la mayor extensión de los ecosistemas de montaña en el Ecuador; se extiende a lo largo de los Andes desde el Carchi hasta Loja (Valencia *et al.* 1999; Hofstede *et al.* 2003; Beltrán *et al.* 2009).

Es característico del piso montano alto superior y se localiza generalmente en los valles glaciares, laderas de vertientes disectadas y llanuras subglaciares sobre los 3400 msnm. Se caracteriza por tener suelos andosoles con un profundo horizonte A, rico en materia orgánica que puede alcanzar los 60 kg-carbono/m<sup>2</sup>, debido a esto y a las condiciones climáticas de alta humedad contiene una gran cantidad de agua por unidad de volumen (80-90% por cm<sup>3</sup>) con una excepcional capacidad de regulación hídrica.

Este ecosistema está caracterizado por tener una dominancia de los géneros *Calamagrostis*, *Agrostis*, *Festuca*, *Cortaderia* y *Stipa*, junto con parches de arbustos de los géneros *Diplostephium*, *Hypericum* y *Pentacalia* y una abundante diversidad de hierbas en roseta, rastreras y diversas formas de vida (Ramsay y Oxley 1997).

Ramsay (1992), considera que existen diferencias altitudinales y latitudinales en la composición florística que se expresan geográficamente. En el norte del país hasta el valle

del Girón-Paute (Jørgensen *et al.* 1995), las comunidades que tienen como límite inferior los 3400 msnm se componen de *Calamagrostis* spp., *Oreomyrrhis andicola* y *Gnaphalium pensylvanicum*, entre el Altar y los páramos del Cajas, la comunidad varía ya que las condiciones de humedad bajan y se crean asociaciones entre *Calamagrostis* sp. y *Viola humboldtii*; en el sur del país las comunidades de este Herbazal del Paramó descienden hasta los 2900 msnm y se componen de *Agrostis breviculmis*, *Calamagrostis* spp., *Festuca asplundii* y *Stipa ichu*; en zonas de ladera con pendiente fuerte, luego de deslizamientos o en planicies con suelos hidromorfos crecen como comunidades pioneras gramíneas bambusoideas dominadas por *Chusquea* spp.

#### **d. Herbazal húmedo montano alto superior del Páramo**

Son herbazales abiertos, que se encuentran dominados por especies de los géneros *Stipa*, *Senecio* y *Plantago*; se encuentra en enclaves volcánicos localizados en fondos de valles glaciares las especies que resisten a las extremas condiciones climáticas.

Debido a la humedad relativamente baja de estos ecosistemas la concentración de carbono orgánico en el suelo es menor que en los páramos más húmedos (Poulenard *et al.* 2001; Podwojewski, *et al.* 2002; Poulenard, *et al.* 2004; Sklenář y Balslev 2007), esto los hace más frágiles y menos resilientes a disturbios causados por actividades humanas, además, la aridez producto de dos procesos el de abrasión y deflación en conjunto con la energía del viento que transporta determinado tamaño de partículas que al chocar con masas rocosas realizan una labor erosiva y de disgregación de la roca que dan un aspecto desértico como en las áreas del noroccidente del Volcán Chimborazo y al flanco occidental del Volcán Cotopaxi se explica tanto por el efecto de sombra de lluvia como por el uso intensivo histórico (Ramsay 1992).

En otros sitios con mayor predominancia de suelos con alto contenido de carbono, uno de los principales efectos de la degradación del suelo es la reducción de la porosidad por la disminución en la capacidad de infiltración e incremento en el drenaje y flujos superficiales contribuyendo al proceso de erosión (Podwojewski y Poulenard 2000).

Especies diagnósticas: *Baccharis caespitosa*, *Calamagrostis intermedia*, *Cerastium crassipes*, *Festuca sublimis*, *Geranium chimborazense*, *Hypochaeris sessiliflora*, *Perezia pungens*, *Stipa ichu*, *Plantago australis*, *P. linearis*, *P. rigida*, *Valeriana rigida*.

#### **e. Herbazal húmedo subnival del Páramo**

Herbazales dispersos que se encuentra restringidos a las partes más altas de las montañas de los Andes de Ecuador, generalmente sobre los 4500 msnm. Los marcados contrastes en precipitación y variaciones de la humedad ambiental en los Andes ecuatorianos e incluso entre las diferentes vertientes y grietas transversales de los volcanes más grandes, determinan diferentes composiciones de la flora en estos ambientes, de acuerdo a estos patrones.

Las formas de vida predominantes en este ecosistema son los pastos de tallo corto, rosetas acaulescentes y hierbas en cojín. Generalmente se ubica en laderas periglaciares en suelos clasificados como entisoles poco profundos, con un desarrollo exiguo, caracterizados por un contenido de materia orgánica extremadamente bajo con capacidad de retención de agua y regulación muy pobre.

Este ecosistema se encuentra presente en los Illinizas, Pichincha, Cotopaxi y las vertientes occidentales del Chimborazo y Antisana. Entre los herbazales húmedos subnivosales del país, la vertiente occidental del Chimborazo es el más conspicuo, la zona de — El Arenal denominada la puna ecuatorial por Acosta Solís (1964) forma una meseta amplia y extensa en donde la superficie expuesta de suelo es muy grande, razón por la cual en esta zona este ecosistema empieza a 4200 msnm. Las plantas de cojín se encuentran representadas solo por *Xenophyllum rigidum* como único representante de esta forma de vida en las porciones más altas del lugar; los arbustos esclerófilos están representados por *Chuquiraga jussieui* y *Loricaria ilinissae*, mientras que los arbustos postrados por *Astragalus geminiflorus* y *Baccharis caespitosa*; los arbustos erectos por *Valeriana alypifolia* y las hierbas de tallo corto por *Calamagrostis mollis* y *Agrostis tolucensis*. Las briofitas están prácticamente ausentes en este ecosistema (Sklenář y Lægaard 2003).

#### **f. Herbazal inundable del Páramo**



Herbazales inundables en los que existen especies que forman cojines o parches aislados de vegetación flotante, este ecosistema es azonal, en el que las condiciones edáficas o microclimáticas locales tienen una mayor influencia sobre la vegetación que los factores climáticos asociados al gradiente altitudinal. Esta vegetación azonal del páramo está presente donde existe un balance hídrico positivo, es decir las pérdidas por corrientes y evapotranspiración son menores que las entradas por precipitación o escorrentía (Cleef 1981; Bosman *et al.* 1993;).

La saturación de agua producto de la textura gruesa y muy densa del suelo resulta en una zona totalmente impermeable y mal drenada que influye en la vegetación, originando dos grandes unidades: las áreas de agua corriente o turberas y las áreas inundadas con aguas estancadas conocidas como pantanos (Rangel 2000). En ambos casos, los suelos se caracterizan por tener condiciones anaeróbicas que inhiben la descomposición de materia orgánica, y por lo tanto promueven la formación de suelo con porcentajes de carbono orgánico de hasta el 50%. En estos ecosistemas, al igual que en otros tipos de humedales, la producción primaria neta excede a la descomposición y a las pérdidas por carbono orgánico disuelto (Rangel 1995; Cleef *et al.* 2005).

Especies presentes: *Agrostis boyacensis*, *Azorella aretioides*, *Castilleja fissifolia*, *Cortaderia sericantha*, *Distichia muscoides*, *Eryngium humile*, *Geranium sibbaldioides*, *Huperzia crassa*, *Hydrocotyle pusilla*, *Hypericum aciculare*, *H. decandrum*, *Hypochaeris sonchoides*, *Hypsela reniformis*, *Juncus arctitus*, *Lachemilla fulvescens*, *L. orbiculata*, *Myrteola phyllicoides*, *Oreobolus ecuadorensis*, *O. goeppingeri*, *O. obtusangulus*, *Oritrophium limnophilum*, *Plantago rigida*, *Schoenoplectus californicus*, *Sphagnum magellanicum*, *Werneria pygmaea*, *Xyris subulata*.

#### **g. Herbazal ultrahúmedo subnival del Páramo**

Vegetación dominada por arbustos postrados o almohadillas dispersas. Se encuentra en laderas abruptas y escarpadas cubiertas por depósitos glaciares y con suelos geliturbados. El sustrato puede ser estable rocoso o inestable de gravas no consolidadas (pedregales y roquedales). Los patrones de humedad local y valores de precipitación mensual están

determinados por una alta humedad, causada por su orientación hacia las zonas de formación de precipitación de la Amazonía (Ramsay 1992; Sklenář y Lægård 2003). Estas variaciones ambientales se ven reflejadas en su composición florística, en una importante presencia de briofitas y una alta diversidad de especies.

La diversidad de este ecosistema es alta, lo cual puede indicar la existencia de muchas especies de distribución restringida que da lugar a altas tasas de recambio en la comunidad de plantas vasculares. El estudio de Sklenář y Balslev (2005) analiza los patrones florísticos de 18 áreas de vegetación subnival en el Ecuador, en los 13 sitios clasificados como húmedos, no se reportaron especies que se encuentren en todos ellos. La diversidad de especies presenta patrones asimétricos entre los grupos taxonómicos; las familias Asteraceae y Poaceae son las familias dominantes y agrupan a casi un tercio del total de especies registradas para estos sitios. A nivel de géneros, algunos de ellos son muy diversos, no obstante, la mayoría de ellos (84) están representados con una sola especie.

Especies diagnósticas: *Calamagrostis guamanensis*, *C. ecuadoriensis*, *Draba spruceana*, *Festuca asplundii*, *Geranium sibbaldioides*, *Huperzia rufescens*, *Lachemilla holosericea*, *Loricaria complanata*, *Luzula gigantea*, *Nertera granadensis*, *Pentacalia peruviana*, *Xenophyllum sotarense*.

#### **h. Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo**

Herbazal mezclado con arbustos esclerófilos semipostrados con una altura entre 0,5 a 1,5 m (Cleef 1980,1981), ocurre en morrenas, circos glaciares, escarpamentos rocosos, depósitos de rocas glaciares y pendientes pronunciadas de arena o quebradas estrechas (Schubert 1979, 1980). Este ecosistema se caracteriza por tener una vegetación fragmentada, con suelo desnudo entre los parches de vegetación que se localiza en las cumbres más altas de la cordillera formando un sistema insular restringido al norte del Ecuador. (Velázquez, Duran, Larrazábal, López, & Medina, 2007)

Los suelos de este ecosistema son andosoles húmicos relativamente bien desarrollados, con un horizonte A de profundidad que varía en promedio entre 30 a 50 cm producto del volcanismo cuaternario activo y el clima húmedo y frío. Los inceptisoles también ocurren

en este ecosistema, especialmente en las laderas más escarpadas y afloramientos de rocas recientemente expuestas (Pérez 1986, 1987). El ambiente subnival es extremo y se agudiza conforme incrementa la elevación, estas condiciones climáticas infringen una presión selectiva fuerte en las plantas sujetas a una gran variación de temperatura y de humedad, que puede incluir congelamiento y descongelamiento del agua en el suelo en un mismo día (Sklenář 2000). Por estas razones, muchas de las especies presentes de este ecosistema han desarrollado adaptaciones fisiológicas singulares.

Especies diagnósticas: *Arcytophyllum capitatum*, *Calamagrostis intermedia*, *Chuquiraga jussieu*, *Diplostephium rupestre*, *Draba aretioides*, *D. depresa*, *Festuca asplundii*, *Gentiana sedifolia*, *Lachemilla nivlalis*, *L. vulcania*, *Loricaria* spp., *Luzula racemosa*, *Poa cucullata*, *Valeriana microphylla*, *Xenophyllum humile*, *X. rigidu*: entre las especies de cojín están *Azorella aretioides*, *A. crenata*, *Plantago rigida*.

## **B. LA COBERTURA VEGETAL Y LOS CAMBIOS DE USO DEL SUELO**

La cobertura vegetal, está considerada como una expresión evolutiva de especies vegetales en un sitio y tiempo determinado, este a su vez indica el estado o condición que guarda un determinado ecosistema; conjuntamente la cobertura vegetal y el uso de suelo, determinan a expresión de la cobertura vegetal o atributos de la superficie terrestre y acciones antrópicas o propósitos humanos interactuando dentro de un espacio biofísico.

Las interacciones en la superficie de un lugar en específico, determinan el funcionamiento de los ecosistemas, afectando a la biodiversidad, al clima local, regional o global, siendo fuentes primarias de degradación de los suelos en un determinado lapso de tiempo, los resultados obtenidos se convierten en una herramienta para caracterizar una región, como un elemento de diagnóstico para el ordenamiento territorial. (Velázquez, Duran, Larrazábal, López, & Medina, 2007)

### **1. Uso de la tierra**

Según manifiesta Holdridge (2000), existen únicamente tres usos básicos del suelo: agricultura, pastoreo y bosques. Las demás actividades relacionadas con actividades antrópicas, como la construcción de ciudades, industrias, vías, etc., ocupan cierto porcentaje del suelo, pero no utilizan los recursos de la tierra, como lo hacen la agricultura, pastoreo y los bosques; por lo general estos no siempre pueden delimitarse de manera precisa, ya que existen combinaciones en el uso del suelo, como por ejemplo; la ganadería con la agricultura, los bosques con el pastoreo, por supuesto siempre es posible fragmentar en uso de suelo en tres categorías, dependiendo del uso potencial de la tierra en cuestión.

Cuando la topografía es favorable, así como la fertilidad del suelo, profundidad, drenaje y precipitación, condicionan la ocupación de la tierra, para uso agrícola, ya que pueden mantener cultivos de manera permanente, generando ganancias razonables; cuando la topografía del suelo es más quebradiza o el suelo no es apropiado para la agricultura, debido a que los valores de inversión y riesgo aumentan, este mismo es utilizado para ganadería o pastoreo, también se puede considerar con este uso a zonas planas de pastizales naturales, clima seco, donde el riego no sea apropiado, normalmente, se considera un rango topográfico de pendiente desde un 40%. (Holdridge, 2000)

Las tierras de aptitud forestal, que no necesariamente estén destinadas a la producción de madera, sino para la protección de cuencas hidrográficas, regulación de corrientes, protección de la vida silvestre o recreación, éstas son conocidas como formas económicas de uso de suelo y reciben la categoría de tierras forestales. (Holdridge, 2000)

Al igual que en muchos países tropicales, en Ecuador la deforestación y transformación de uso del suelo es un problema complejo, ocasionado por múltiples causas directas e indirectas (o subyacentes); entre éstas se incluyen, entre otras, la expansión de la frontera agrícola y áreas pobladas; la colonización de zonas selváticas y de páramos; y la transformación de zonas de manglares en camaroneras u otros usos, como opciones más lucrativas que el aprovechamiento del bosque (o vegetación nativa) en pie. (MAE, 2012)

### **C. REFORMA AGRARIA Y COLONIZACIÓN EN EL ECUADOR (1969-1994)**

La primera Ley de Reforma Agraria y Colonización de 1964, buscaba integración nacional por métodos totalmente dirigidos por el gobierno; buscaba incorporar al campesinado en ese entonces marginado, a la sociedad y articular extensas zonas sin productivo alguno, esta reforma resaltaba que había tierras sobrecargadas de hombres y muchas tierras llamadas “baldías” aunque no lo fueran, en la mayoría de los casos, la mano de obra gratuita fue acarreada por la revolución verde (semillas certificadas de nuevas variedades, fertilizantes, etc..), por tal razón se tenía que solventar importantes limitaciones para el desarrollo, a la par con objetivos económicos y sociales en un mismo movimiento político. (Gondard & Mazurek, 2001)

Sobre todo, en las tierras altas los grandes terratenientes utilizaron los créditos para mejorar sus operaciones. Como señala el economista Carlos Larrea, la mecanización solía reducir el empleo relacionado con la actividad ganadera, el cual cayó de 873.000 puestos de trabajo en 1974 a 773.000 en 1982. Muchos trabajadores despedidos se mudaron a los sectores pobres urbanos o volvieron a cultivar pequeñas parcelas en la Sierra.

En 1966, las autoridades militares entregaron el poder a un gobierno civil que estuvo en funciones hasta 1972, año en que la milicia volvió a tomar el poder (hasta 1979). Para ese momento, los hacendados de la Sierra habían vendido una proporción significativa de sus propiedades, pero aún conservaban un tercio del total de las (mejores) tierras agrícolas del país. Frente a esto, el 70 % de los hogares rurales intentaba sobrevivir con menos del 8 % del total de las tierras agrícolas. En su mayor parte, la producción de alimentos se estancó. (Wasserstrom & Southgate, 2013)

Una nueva versión de la ley de Reforma Agraria y Colonización en julio de 1979, entrega el poder a los civiles en agosto. Fue la tercera y última Ley de Reforma Agraria. Su aplicación, decidida por los primeros gobiernos civiles, se debilitará con los cambios de orientación política, hasta su reemplazo, en 1994, por la Ley de Desarrollo Agrario. (Gondard & Mazurek, 2001)

## **D. CAMBIO CLIMÁTICO Y EL USO DE SUELO**

### **1. Asentamientos humanos**

El cambio climático genera impactos en los asentamientos humanos, estos dependen de la localización específica y de su grado de vulnerabilidad; propensos a la mayor ocurrencia de inundaciones, incendios forestales, deshielo de glaciares, alteraciones en la producción de alimentos y energía, movimientos en masa, incremento de la incidencia de enfermedades originadas en vectores, ocasionando pérdidas económicas y de vidas humanas por la concentración de la población en estos sitios. (MAE, 2012)

Estos impactos asumirían mayores consecuencias en los sectores más pobres debido a, entre otros factores, su menor capacidad de respuesta para adaptarse a nuevas circunstancias; a esto se suma el hecho que el crecimiento demográfico acelerado es un factor que determina mayor vulnerabilidad para los grupos humanos; las medidas que toman los GADs, para afrontar los impactos negativos. (MAE, 2012)

Según MAE, (2012), entre estas medidas se puede mencionar:

- a.** La incorporación de variables de cambio climático en los Planes de Ordenamiento Territorial;
- b.** La elaboración de Políticas de gestión de riesgos que identifiquen el incremento de las amenazas y vulnerabilidades por los efectos del cambio climático;
- c.** El mejoramiento de la tecnología en la construcción de infraestructura y de vivienda;
- d.** La planificación más sostenible de asentamientos, en términos de transporte, uso de energía, etc.;
- e.** El respeto y cuidado del medio ambiente, manejando de manera eficiente los desechos sólidos, incentivando la agricultura urbana, impulsando las energías renovables, reduciendo la huella ecológica de los habitantes.

## **2. Agricultura**

Se estima que los pequeños y medianos agricultores representan el 95,5% de las unidades productivas agrícolas del país. Las unidades productivas menores a 20 hectáreas abastecen el 41% de la producción de leche, el 63% de la producción de papa, el 46% de la producción de maíz y el 48% de la producción de arroz, en el país, la agricultura representa una de las principales fuentes de emisiones de GEI en Ecuador, pues pasaron de aproximadamente de 159 millones de toneladas de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>-eq) en 1990 a 210 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq en 2006, un incremento del 24% en 16 años, a un promedio de un 1,5% anual. (MAE, 2012)

## **3. Uso del Suelo**

La conversión de uso del suelo, el promotor de las emisiones de GEI porque generalmente ocasionan la liberación del carbono contenido en la materia vegetal y el suelo. (MAE, 2012)

## **E. LOS PARAMOS DE CHIMBORAZO**

La pobreza en los páramos es crítica; más del 50% de los páramos en el país tiene una alta pobreza. El 60% de la población de la provincia de Chimborazo vive en las zonas rurales relacionadas a los páramos, cuya población indígena está entre las más pobres del país: el proceso histórico de colonización, desarrollo y Reforma Agraria de la provincia, que restringió a las comunidades indígenas a zonas marginales, es sin duda una variable importante para entender las dinámicas sociales que existen en la provincia de Chimborazo. (Bustamente, Albán, & Argüello, 2011)

## **F. CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR (MARCO LEGAL)**

La Constitución del Ecuador, sobre las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades indígenas la constitución política del Ecuador cita en la parte pertinente lo siguiente:

**Art. 57.-** Se reconoce y garantizará a las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades indígenas, de conformidad con la Constitución y con los pactos, convenios, declaraciones y

demás instrumentos internacionales de derechos humanos, los siguientes derechos colectivos:

1. Mantener, desarrollar y fortalecer libremente su identidad, sentido de pertenencia, tradiciones ancestrales y formas de organización social.
2. No ser objeto de racismo y de ninguna forma de discriminación fundada en su origen, identidad étnica o cultural.
3. El reconocimiento, reparación y resarcimiento a las colectividades afectadas por racismo, xenofobia y otras formas conexas de intolerancia y discriminación.
4. Conservar la propiedad imprescriptible de sus tierras comunitarias, que serán inalienables, inembargables e indivisibles. Estas tierras estarán exentas del pago de tasas e impuestos.
5. Mantener la posesión de las tierras y territorios ancestrales y obtener su adjudicación gratuita.
6. Participar en el uso, usufructo, administración y conservación de los recursos naturales renovables que se hallen en sus tierras.
7. La consulta previa, libre e informada, dentro de un plazo razonable, sobre planes y programas de prospección, explotación y comercialización de recursos no renovables que se encuentren en sus tierras y que puedan afectarles ambiental o culturalmente; participar en los beneficios que esos proyectos reporten y recibir indemnizaciones por los perjuicios sociales, culturales y ambientales que les causen. La consulta que deban realizar las autoridades competentes será obligatoria y oportuna. Si no se obtuviese el consentimiento de la comunidad consultada, se procederá conforme a la Constitución y la ley.
8. Conservar y promover sus prácticas de manejo de la biodiversidad y de su entorno natural. El Estado establecerá y ejecutará programas, con la participación de la comunidad, para asegurar la conservación y utilización sustentable de la biodiversidad.
9. Conservar y desarrollar sus propias formas de convivencia y organización social, y de generación y ejercicio de la autoridad, en sus territorios legalmente reconocidos y tierras comunitarias de posesión ancestral.



10. Crear, desarrollar, aplicar y practicar su derecho propio o consuetudinario, que no podrá vulnerar derechos constitucionales, en particular de las mujeres, niñas, niños y adolescentes.
11. No ser desplazados de sus tierras ancestrales.

Respecto de las Áreas Protegidas la Constitución Política del Ecuador cita los siguientes artículos:

**Art. 405.-** El sistema nacional de áreas protegidas garantizará la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas. El sistema se integrará por los subsistemas estatal, autónomo descentralizado, comunitario y privado, y su rectoría y regulación será ejercida por el Estado. El Estado asignará los recursos económicos necesarios para la sostenibilidad financiera del sistema, y fomentará la participación de las comunidades, pueblos y nacionalidades que han habitado ancestralmente las áreas protegidas en su administración y gestión.

Las personas naturales o jurídicas extranjeras no podrán adquirir a ningún título tierras o concesiones en las áreas de seguridad nacional ni en áreas protegidas, de acuerdo con la ley.

**Art. 407.-** Se prohíbe la actividad extractiva de recursos no renovables en las áreas protegidas y en zonas declaradas como intangibles, incluida la explotación forestal. Excepcionalmente dichos recursos se podrán explotar a petición fundamentada de la Presidencia de la República y previa declaratoria de interés nacional por parte de la Asamblea Nacional, que, de estimarlo conveniente, podrá convocar a consulta popular.

## **G. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)**

El Sistema de Información Geográfica (SIG) o Geographic Information System, es una integración organizada de *hardware*, *software* y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información de naturaleza diversa sobre un determinado territorio geográficamente referenciada, permitiendo así hacer consultas interactivas, analizar la información espacial, editar y crear mapas con el propósito

de tener una visión más dinámica en el tratamiento de cuestiones referentes a problemáticas sociales, económicas, ambientales, etc, que impactan sobre el territorio, esto debido a la facilidad para relacionar por medio de capas diferentes tipos de información con una localización geográfica determinada. (Sanz, 2015)

En cuanto al desarrollo del SIG se puede mencionar que fue el Dr John Snow el precursor de los Sistemas de Información Geográfica, en 1854 cartografió la incidencia de los casos de cólera en un mapa del distrito de SoHo en Londres. Este “protoSIG” permitió a Snow situar con suficiente precisión el foco origen del brote de cólera, que correspondió a un pozo de agua contaminado. El primer SIG como lo conocemos actualmente, es el Canadian Geographical Information System – CGIS, iniciado en 1964 y activo desde 1967. Se dedica al inventario y planificación de ocupación del suelo en grandes zonas. (Departamento de Agricultura de Canadá – Roger Tomlinson, IBM Citado por Sanz, 2015)

En esta última etapa desde 1997, los SIG han alcanzado un gran desarrollo y expansión gracias fundamentalmente a la evolución y ampliación de las capacidades de los ordenadores, el desarrollo de los lenguajes de programación y el avance del tratamiento gráfico. (Sanz, 2015)

## **1. Usos**

Su uso es muy variado, en la actualidad se utiliza, entre otras cosas, para:

- ✓ Producción cartográfica.
- ✓ Evaluaciones ambientales de recursos naturales
- ✓ Estudio y evaluación de redes de servicios y transportes.
- ✓ Sistema de catastro
- ✓ Evaluación de áreas de riesgo
- ✓ Geomarketing

## **2. Mapas temáticos**

Los mapas temáticos o de coropletas son aquellos en los que las áreas de un mapa se colorean o se marcan de acuerdo a alguna clave, reflejando la intensidad de alguna variable que se mapea.

## **H. SENSORES REMOTOS**

### **1. Georreferenciación**

La georeferenciación es la definición de posición o localización de un objeto en un sistema de coordenadas y datum determinado, usado en los Sistemas de Información Geográfica - SIG. Esta es una definición técnica, que establece la relación que existe entre un espacio físico real y el mapa que lo representa sobre una proyección geográfica o sistema de coordenadas se llama geocodificación. Las coordenadas geográficas producidas pueden luego ser usadas para localizar dicho punto del mapa. Este proceso es utilizado frecuentemente en los Sistemas de Información Geográfica. (GPS-PERU.FORUMS-FREE.COM, 2015)

### **2. Clasificación Supervisada**

Esta es realizada por un operador que define las características espectrales de las clases, mediante la identificación de áreas de muestreo (áreas de entrenamiento). Se requiere también que el operador este familiarizado con el área de interés. (ATGC, 2008)

### **3. Clasificación No Supervisada**

Este método se dirige a definir las clases espectrales presentes en la imagen. Esto implica que los ND (Números Digitales) de la imagen forman una serie de agrupaciones o conglomerados o “clusters” de píxeles con similares características. Basado en esto, la computadora localiza arbitrariamente vectores principales y los puntos medios de los grupos. Luego cada píxel es asignado a un grupo por la regla de decisión de mínima distancia al centroide del grupo. (ATGC, 2008)

## I. ÍNDICE DE VEGETACIÓN DIFERENCIA NORMALIZADA (NDVI)

### 1. NDVI y la fenología

Según Meneses-Tovar (2011), existen diversas metodologías para estudiar mediante imágenes satelitales los cambios estacionales que ocurren en la vegetación; uno de ellos es la aplicación de índices vegetativos relacionados con el verdor: el NDVI mide la relación entre la energía absorbida y emitida por los objetos terrestres.

Aplicando a las comunidades de las plantas, el índice arroja valores de intensidad de verdor de la zona, y da cuenta de la cantidad de la vegetación presente en una superficie y su estado de salud o vigor vegetativo: el NDVI es un índice no dimensional, y por lo tanto sus valores van de -1 a +1. En la práctica los valores que están por debajo de 0.1 corresponden a cuerpos de agua y a la tierra desnuda, mientras que los valores más altos son indicadores de la actividad fotosintética de las zonas de matorral, el bosque templado, la selva y la actividad agrícola.

De acuerdo a (Muñoz Aguayo, 2015), valores muy bajos de NDVI, de 0.1 corresponden a áreas rocosas, arenosas o nevadas, mientras los valores de 0.2 a 0.3 pueden corresponder a áreas pobres con arbustos y pasturas naturales.

Díaz M. P. (2015) manifiesta que según [resources.arcgis.com](http://resources.arcgis.com), los valores de NDVI negativos corresponden a nubes, cuerpos de agua, nieve, y aquellos valores cercanos a cero indican presencia de rocas y terreno desnudo, los valores por debajo de 0.1 corresponden a áreas yermas der ocas, área o nieve, los valores de 0.2 a 0.3 representan arbustos y prados, mientras que aquellos valores que oscilan entre 0.6 a 0.8, representan zonas templadas y tropicales.

Además, Merg, C. *et al.* (2011), Citados por López-Pérez, *et al.* (2015) proponen los siguientes valores de referencia:

<b>Clasificación</b>	<b>Valor</b>
Nubes y agua (NA)	<0,01
Suelo sin vegetación (SV)	0,01 - 0,1
Vegetación ligera (VL)	0,1 - 0,2
Vegetación mediana (VM)	0,2 - 0,4
Vegetación (VA)	> 0,4

Fuente: Merg, C. *et al.* 2011

La relación NDVI-precipitaciones está influenciada por el modelo regional de precipitaciones, por la humedad edáfica disponible en el suelo, por el tipo de suelo y por la escala espacial y temporal de los datos utilizados, de esta manera para determinar las relaciones entre NDVI y las variables climáticas, en especial las precipitaciones, debe tomarse en cuenta la estacionalidad de la vegetación, debido a que el impacto de la disponibilidad de agua sobre la vegetación cambia considerablemente entre sus diferentes periodos fenológicos (Wang *et al.*, 2001, citado por Tiedemann & Zerda, 2008).

Jiménez E. *et al.* 2011 manifiesta que “un suelo con cobertura vegetal tendrá un patrón de adsorción de radiación y reflexión de ondas cortas y largas diferente que un suelo erosionado y sin agua, lo que conferirá un color y una respuesta espectral distinta y que esta modificación se manifiesta en un color sensible mucho mayor que el latente”. De igual manera, Tiedemann *et al.*, 2008, menciona que el índice de vegetación de diferencia normalizada, es un sensible y preciso indicador de la precipitación y en especial de la humedad en el suelo, Según manifiesta Jiménez E. *et al.* 2011, La presencia de plantas en cualquier región del mundo es clave para el ciclo hidrológico en aspectos como almacenamiento del agua, liberación durante la evapotranspiración y condensación del punto de rocío, así como el balance de radiación y energético y en la dinámica de los vientos, todos estos elementos de interacción contribuyen al clima de la región.

## **IV. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR**

#### **1. Localización**

La Reserva de Producción Faunística Chimborazo se localiza entre las provincias de Bolívar, Chimborazo y Tungurahua, a nivel cantonal entre Guaranda (Bolívar); Riobamba y Guano (Chimborazo); Ambato, Tisaleo y Mocha (Tungurahua).

#### **2. Ubicación geográfica<sup>1</sup>**

- a. Coordenada X:** 740289
- b. Coordenadas Y:** 9831441
- c. Altitud:** 3200 – 6310 m s.n.m.

#### **3. Características climáticas<sup>2</sup>**

- a. Temperatura:** -3 a 14 °C
- b. Precipitación media anual:** 1000 mm/Año

### **B. MATERIALES**

#### **1. Materiales de oficina**

Papel bond, flash memory, disco externo, computador.

##### **a. Software**

Paquetes ArcGIS 10.2 y Microsoft Office.

<sup>1</sup> Determinado en SIG, ArcGis 10.2

<sup>2</sup> ECOLAP y MAE. 2007.

### b. Insumos fotográficos

Se utilizaron las siguientes fotografías aéreas, ortofotos e imágenes satelitales:

Cuadro 02. Insumos Digitales

FOTOGRAFIAS AREAS						
ROLLO	CAMARA	DESDE	HASTA	TOTAL	FUENTE	
24	JET	4715	4723	9	I N T E R N A T I O N A L  G E O G R A F I C O  M I L I T A R	
28	JET	5540	5544	5		
29	JET	5790	5795	6		
21	JET	4145	4149	5		
54	RC-30	13109	13114	6		
60	RC-30	14494	14501	8		
142	JET	27314	27317	4		
57	RC-30	13737	13738	2		
60	RC-30	14486	14492	7		
64	RC-30	15315	15316	2		
142	JET	27246	27249	4		
64	RC-30	15309	15310	2		
57	RC-30	13701	13704	4		
45	USAF	3709	3714	6		
51	USAF	4221	4229	9		
71	USAF	6309	6318	10		
27	USAF	2044	2053	10		
27	USAF	2153	2160	8		
26	USAF	1876	1885	10		
26	USAF	1945	1952	8		
52	USAF	4472	4477	6		
52	USAF	4385	4388	4		
TOTAL				135		
ORTOFOTOS						
ORTOFOTOS	ID	AÑO	FORMATO	TOTAL		
	ÑIV-C1	2010	TIF	1		
	ÑIV-C2	2011	TIF	1		
	ÑIV-C3	2011	TIF	1		
	Riobamab_mosaico	2010	TIF	1		
TOTAL				4		
IMAGENES SATELITALES						
IMAGENES SATELITALES	ID	AÑO		TOTAL	FUENTE	
	LC80100612015258LGN00	2015	LANDSAT 8	1	U.S Geological Survey	
	LT50100612000201XXX02	2000	LANDSAT 5	1		
	LT50100611987085XXX14	1987	LANDSAT 5	1		
TOTAL				4		

Elaborado por: Zambrano, L. 2016

## **V. METODOLOGÍA**

### **A. TIPOS DE ECOSISTEMAS Y DE VEGETACIÓN, A TRAVÉS DE IMÁGENES SATELITALES Y FOTOGRAFÍAS AÉREAS DE DIFERENTES AÑOS.**

#### **1. Recopilación y diagnóstico de información secundaria**

Se realizó la búsqueda de información secundaria en las instituciones involucradas o que pudieran poseer información relevante para el estudio, el proceso siguió el siguiente orden: se realizó un acercamiento hacia las autoridades de las entidades que puedan poseer datos, a través de la entrega de un oficio en el que se requería la liberación de información relevante para el estudio, conforme a la misma solicitud, fue necesario crear un convenio interinstitucional, entre la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y el Instituto Geográfico Militar a fin de facilitar la presente investigación y posteriores estudios y/o prácticas pre profesionales.

Las instituciones involucradas fueron:

- Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH)
- Instituto Geográfico Militar (IGM)
- Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE)
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)

Toda la información fue sometida a un diagnóstico y evaluación, seleccionando aquella información útil para este estudio multitemporal.

#### **2. Generación de cartografía base**

Se elaboró un mapa de vegetación y/o ecosistemas basados en el Sistema de “Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental”, manejado actualmente por el Ministerio del Ambiente del Ecuador, determinando así los Ecosistemas para la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, cuya cartografía a su vez permitió tener un sistema de clasificación



estandarizado, y así realizar los correspondientes análisis espaciales que el estudio contempla.

La cartografía requerida, contó con las siguientes especificaciones técnicas:

Sistema de Referencia: WGS 84

Proyección: UTM

Zona: 17 Sur

Se generaron procesos de edición, revisión y control de la información cartográfica, geográfica, fotografías aéreas, imágenes satelitales, en el SIG ArcGis 10.2, para la corrección de errores como; incorporación de elementos omitidos, corrección de elementos que no llegan a empatar con otros, u otras que no deberían intersectarse, entre otras correcciones.

### **3. Elaboración de los mapas de cobertura vegetal y uso del suelo para los periodos 1962-1966; 2000 y 2010-2011.**

Obtenidas las fotografías aéreas e imágenes satelitales, se establecieron tres diferentes periodos; 1962-1966; 2000 y 2010-2011.

Para los periodos 1962-1966 y 2000 las imágenes pasaron por un proceso de georreferenciación, cortes y delimitación para el área y periodo estudiado, aquellas imágenes que presentaron menor o ninguna presencia de nubosidad, fueron utilizadas; si bien existen nubes en las imágenes tratadas, estos vacíos de información fueron complementados con imágenes de otros años.

Una vez realizada la clasificación de la información por periodo, el siguiente paso fue la construcción de los respectivos mosaicos o escenarios de cada uno de los periodos.

Mediante el montaje del escenario 2010-2011 (más actual a la fecha en ortófotos) y la clasificación de los ecosistemas del Ecuador Continental (MAE, 2013), se creó un shapefile de puntos montados que describían un diferente tipo de atributo con respecto a la

clasificación ecosistémica y observación directa del mosaico en cuestión, entidad que más tarde nos ayudaría a procesar los diferentes periodos por estrato estudiado.

Los atributos o categorías en estudio fueron los siguientes:

1. Arbustal siempreverde y Herbazal del Páramo
2. Bosque siempreverde del Páramo
3. Herbazal del Páramo
4. Herbazal húmedo montano alto superior del Páramo
5. Herbazal húmedo subnival del Páramo
6. Herbazal inundable del Páramo
7. Herbazal ultrahúmedo subnival del Páramo
8. Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo
9. Intervención
10. Nieve
11. Otros

La categoría Intervención hace referencia, a aquellos asentamientos humanos y actividades antrópicas o/u cualquiera que se deriven de esta última.

La categoría Otros hace referencia a las nubes presentes en las imágenes del área de la Reserva.

Mediante la observación y comparación entre el periodo cercano a la actualidad y los periodos anteriores, se adaptó el archivo shapefile de puntos a la realidad del terreno que presentaba la imagen en cada uno de los periodos.

Se realizó una clasificación supervisada de las imágenes con la finalidad de que presenten información categorizada de la cobertura vegetal, esta fase a la vez abarcará la definición digital de categorías, así la clasificación se basó tanto el tipo de resultado arrojado por el software, la interpolación de polígonos entre ecosistema, mediante la comprobación y observación directa de la fotografía aérea.

Obtenidos los archivos correspondientes, se cuantifico las categorías por periodo, involucradas para la interpretación de los resultados.

Se construyeron los escenarios de cambios de los diferentes periodos de estudio, cuantificando la superficie por categoría descrita por el “Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental” (MAE, 2013), al igual las categorías “Intervención, Nieve y Otros”; los ecosistemas fueron correlacionados en orden cronológico, en función de los periodos; 1962-1966: 2000 y 2010-2011.

Una vez obtenidos los datos, se realizó una inspección de campo para constatar la presencia de los ecosistemas y/o categorías de la Reserva, los cuales fueron determinados a través de la clasificación supervisada ejecutada en el presente trabajo.

## **B. FACTORES QUE HAN INCIDIDO EN LOS CAMBIOS DE VEGETACIÓN EN LOS DIFERENTES AÑOS.**

### **1. Cronología de la RPFCH.**

Se analizó la relación histórica de los últimos 60 años, mediante la recopilación de información secundaria, estudiando aquellos aspectos biofísicos, demográficos, socioeconómicos, políticos, ambientales que han incidido directa o indirectamente a través del tiempo, en la estructura ecosistémica de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo.

### **2. Determinación del Índice de la Diferencia Normalizada de la Vegetación (NDVI) del área estudiada.**

Para determinar el Índice de la Diferencia Normalizada de la Vegetación de la Reserva de los últimos 30 años (1987; 2000; 2015), se descargaron las imágenes Landsat del portal web de la U.S Geological Survey (USGS), el cual dispone de una amplia base de datos históricos de imágenes de diferentes satélites Landsat con registros que llegan hasta la fecha actual. Dado el periodo de tiempo analizado, fueron seleccionadas como insumo tres imágenes Landsat.

Este análisis permitió conocer la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base a la medición de la intensidad de la radiación.

Las imágenes fueron seleccionadas bajo los siguientes parámetros: calidad visual; mínima presencia del porcentaje de nubes para el área estudiada; años particulares de interés y sin presencia de bandas sin información. Se tomó una imagen capturada en el año 1987, debido a la presencia excesiva de nubes en las imágenes disponibles de los años 1985 y 1986 para el área estudiada.

Para el cálculo del NDVI en imágenes Landsat 7 y Landsat 5 se empleó la siguiente formula:

$$NDVI = \frac{\text{banda 4} - \text{banda 3}}{\text{banda 4} + \text{banda 3}}$$

Para el cálculo del NDVI en imágenes Landsat 8 se empleó la siguiente formula:

$$NDVI = \frac{\text{banda 5} - \text{banda 4}}{\text{banda 5} + \text{banda 4}}$$

Para la interpretación de los resultados arrojados por los NDVI, se usaron los datos de las medias anuales de temperatura y precipitación interpolados (Isoyetas e Isotermas) disponibles para el periodo de estudio, de las estaciones meteorológicas más cercanas a la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo.

Para determinar los factores que han incidido en los cambios de vegetación en los diferentes años, se verificó el estado de conservación de la vegetación, mediante la generación del Índice de Vegetación Normalizada (NDVI), para los años 1987; 2000; 2015, determinando así el estado y evolución de la vegetación de la reserva en los últimos 29 años, estos resultados fueron respaldados a través análisis del cambio de uso del suelo y los correspondientes datos climáticos (Precipitación y Temperatura) de las estaciones meteorológicas más cercanas al Área Protegida.

Para la interpretación del NDVI en cada análisis, se utilizó la siguiente tabla de interpretación, basada en la tabla de índices de vegetación de Merg, C. *et al.* 2011:

Cuadro 03. Rangos e interpretación del NVDI

<b>ÍNDICE DE VEGETACIÓN (NDVI)</b>	
<b>RANGO</b>	<b>INTERPRETACIÓN</b>
-0,3 a 0	Suelo desnudo, agua, roca o nieve
0,01 - 0,1	Vegetación Dispersa (Poca Vegetación)
0,11 - 0,2	Vegetación moderada (Arbustos, Prados)
0,21 -0,4	Paramo (Húmedo)
0,41- 1	Vegetación densa o vigorosa (Alta Humedad)

Elaborado por: Zambrano, L. 2016

### **C. ALTERNATIVAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA VEGETACIÓN COMO PARTE DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.**

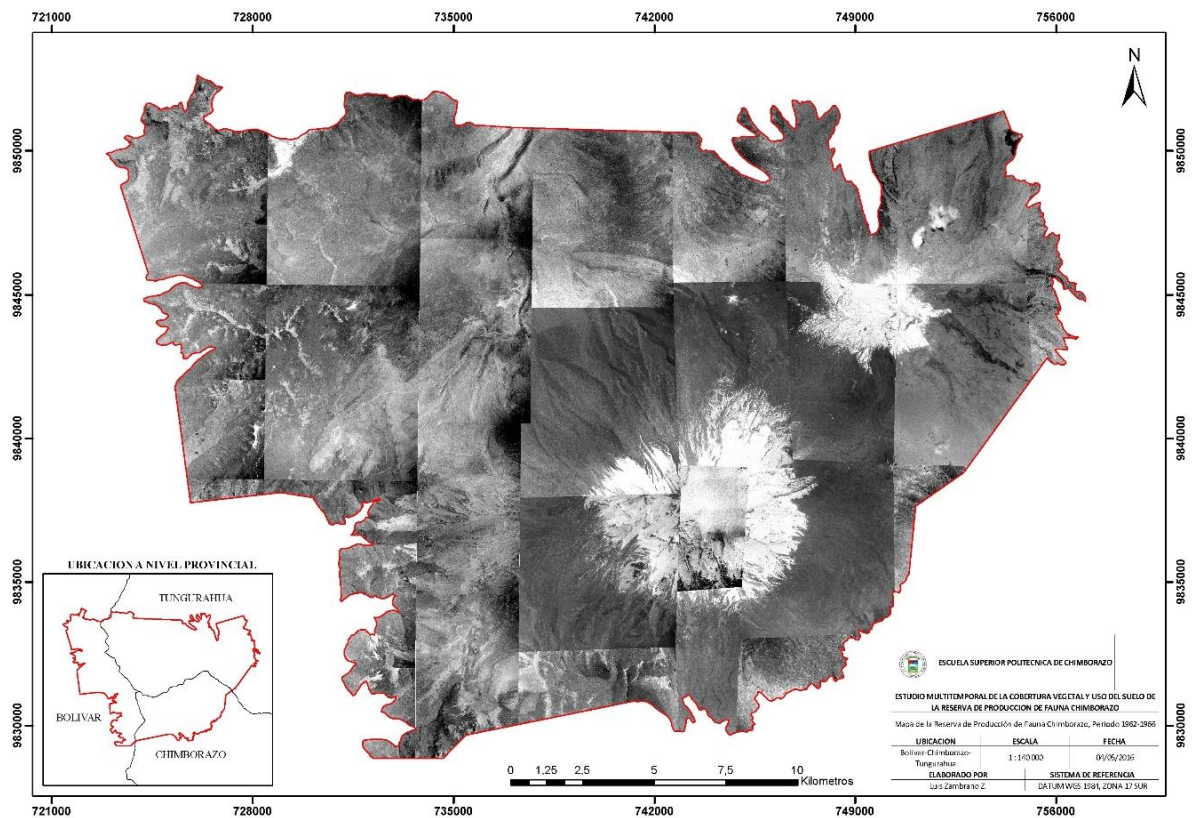
Con el análisis de los resultados obtenidos y bajo los lineamientos del Plan Operativo Anual 2016 de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, con base en elementos de Planificación Estratégica de Manejo (POA. 2016), se formularon alternativas para la conservación de la vegetación como parte de servicios ecosistémicos, con énfasis en los factores más influyentes en la conversión del uso del suelo y cobertura vegetal, dentro del Área Protegida.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### A. TIPOS DE ECOSISTEMAS Y DE VEGETACIÓN, A TRAVÉS DE IMÁGENES SATELITALES Y FOTOGRAFÍAS AÉREAS DE DIFERENTES AÑOS.

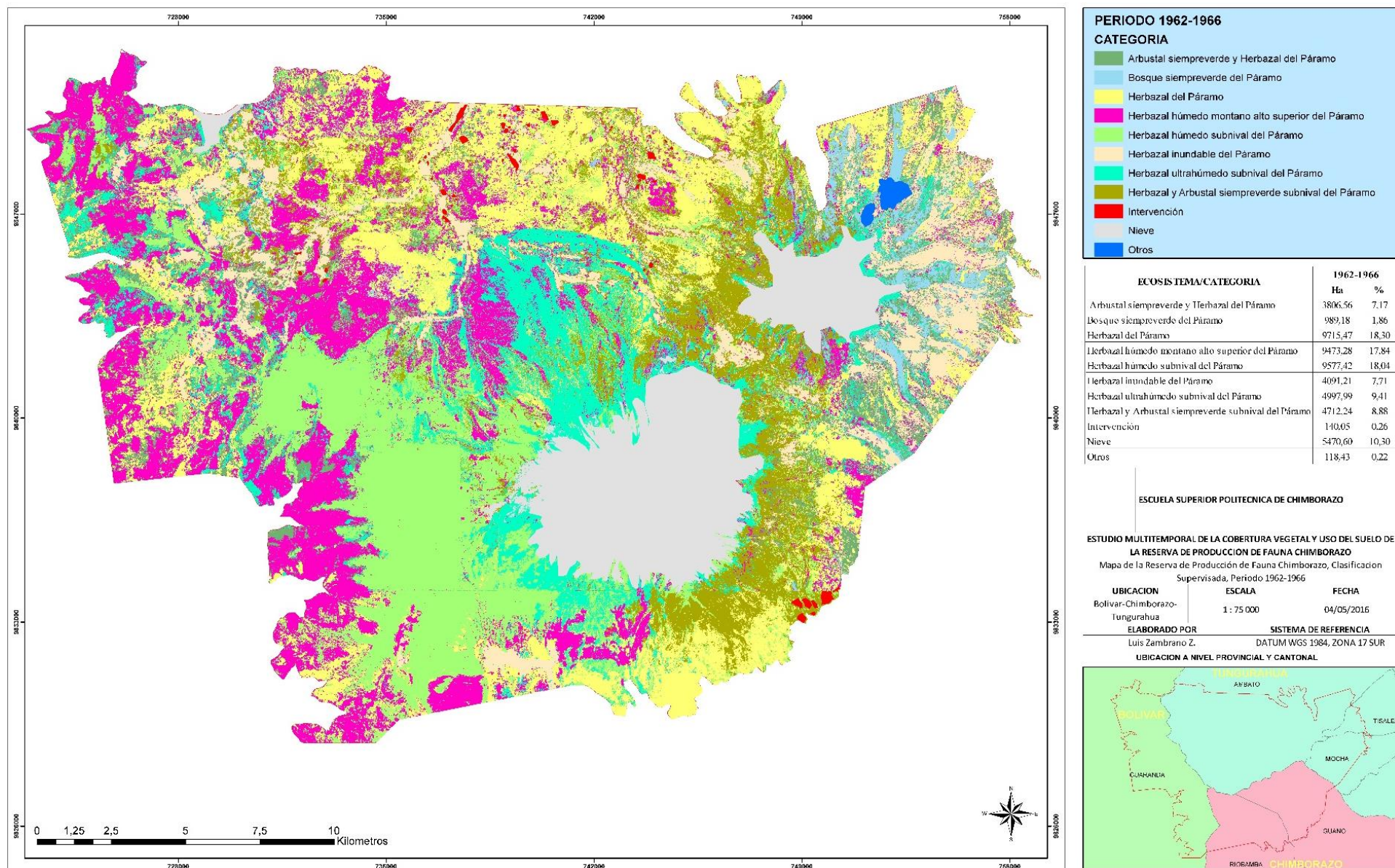
#### 1. Periodos evaluados

##### a. Periodo 1962-1966 (RPFCH)



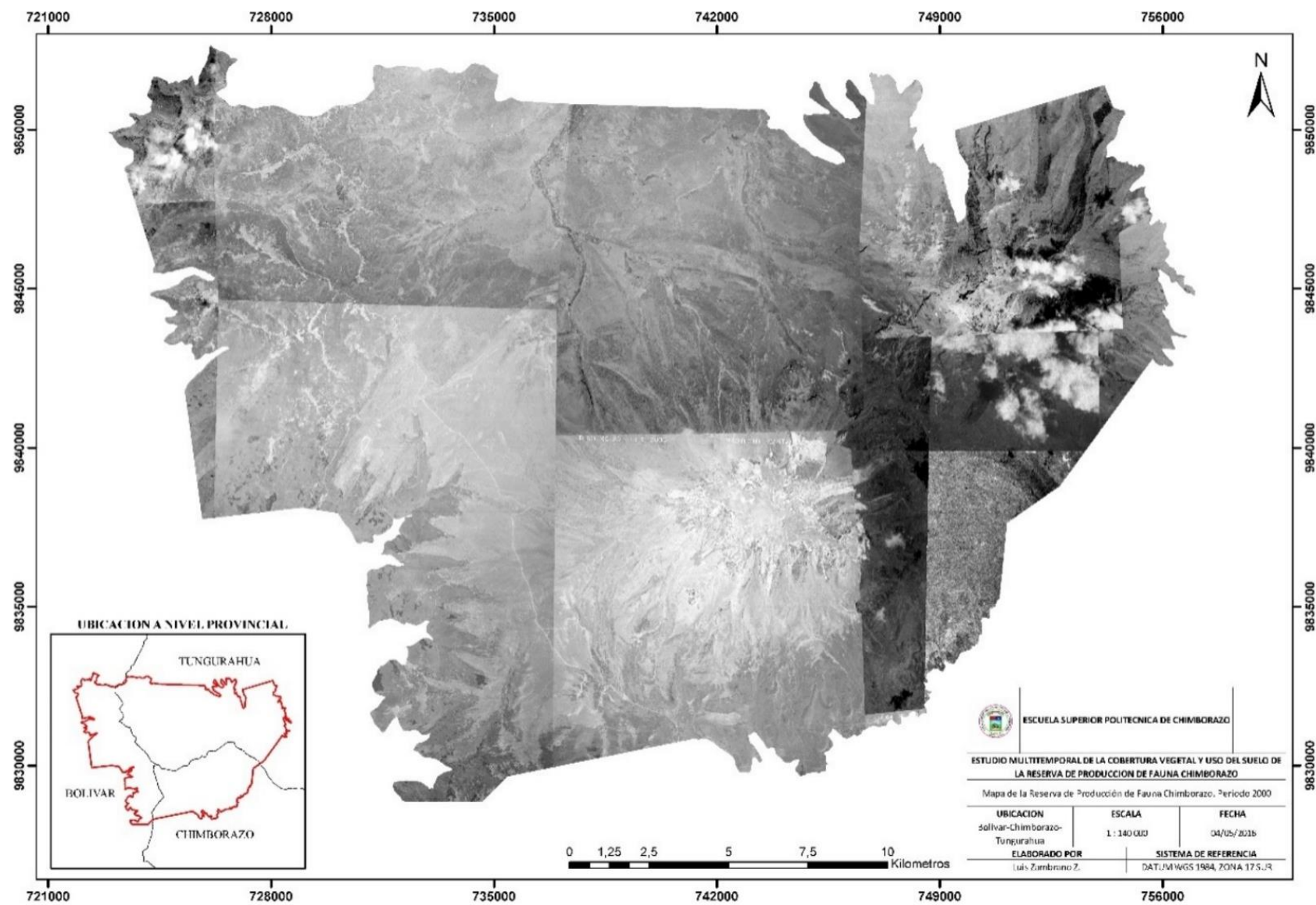
Mapa 01. Periodo 1962-1966 (RPFCH). Instituto Geográfico Militar.





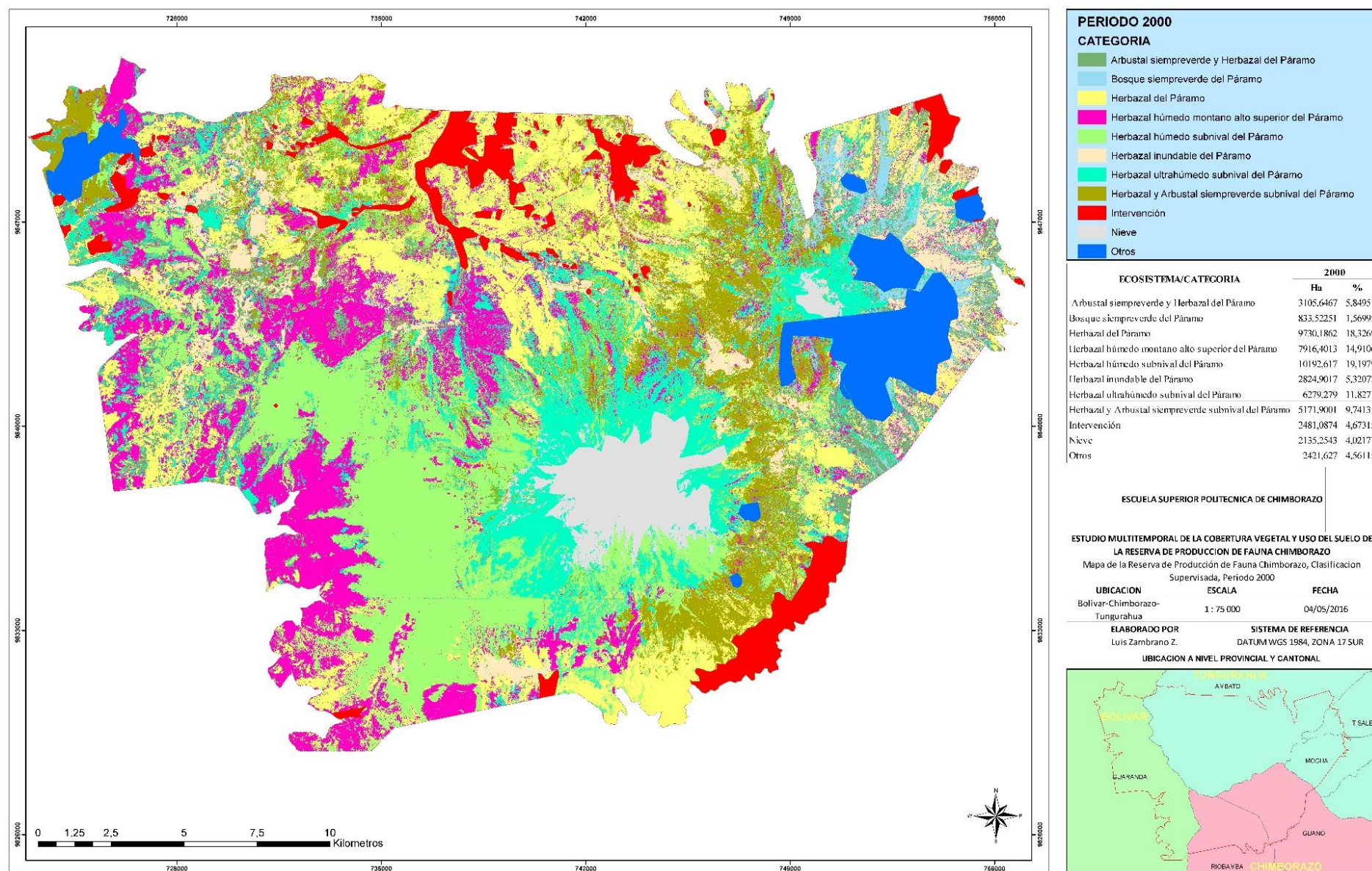
Mapa 02. Clasificación Ecosistémica, Periodo 1962-1966, RPFCH.

## b. Periodo 2000 (RPFCH)



Mapa 03. Periodo 2000 (RPFCH). Instituto Geográfico Militar.

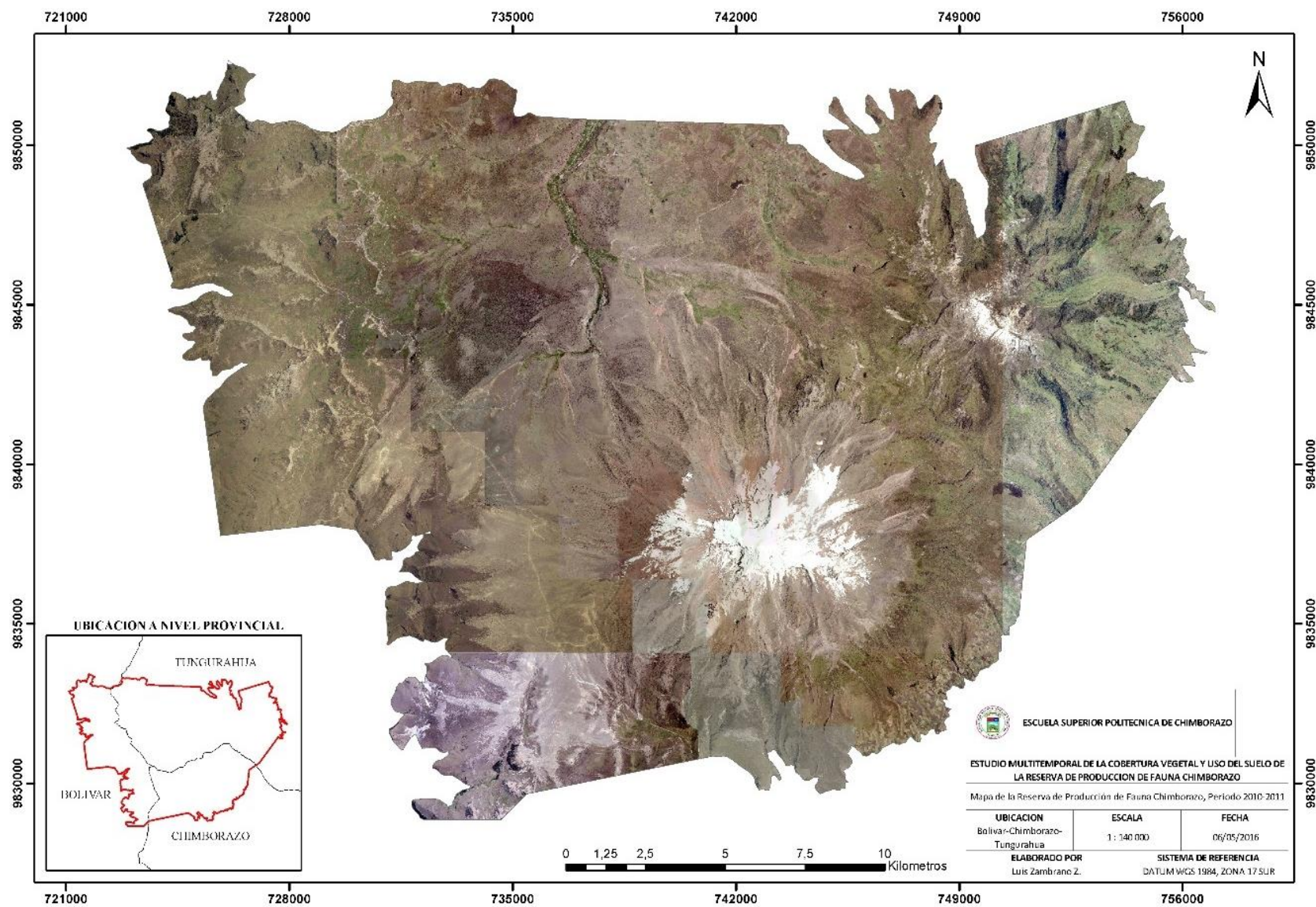




Mapa 04. Clasificación Ecosistémica, Periodo 2000, RPFCH.

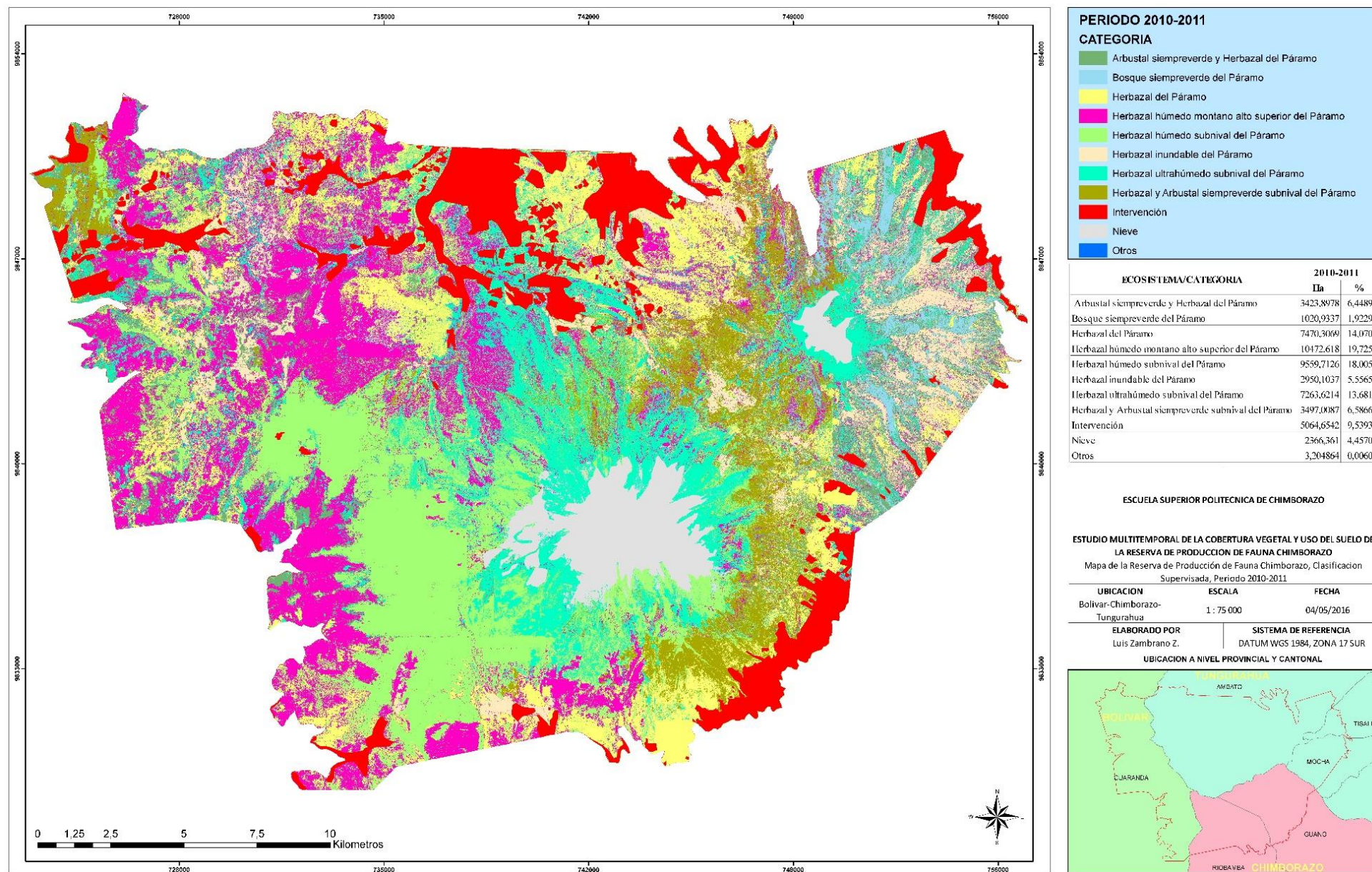


## c. Periodo 2010-2011 (RPFCH)



Mapa 05. Periodo 2010-2011 (RPFCH). Instituto Geográfico Militar.





Mapa 06. Clasificación Ecosistémica, Periodo 2010-2011, RPFCH.

## B. CONSTRUCCIÓN Y CLASIFICACIÓN SUPERVISADA DE LOS PERIODOS 1962-1966; 2000; 2010-2011.

### 1. Análisis y clasificación supervisada

Cuadro 04. Ecosistemas de la RPFCH, periodos 1962-1966; 2000; 2010-2011.

ECOSISTEMA/CATEGORIA	1962-1966		2000		2010-2011	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Arbustal siempreverde y Herbazal del Páramo	3806,56	7,17	3105,65	5,85	3423,90	6,45
Bosque siempreverde del Páramo	989,18	1,86	833,52	1,57	1020,93	1,92
Herbazal del Páramo	9715,47	18,30	9730,19	18,33	7470,31	14,07
Herbazal húmedo montano alto superior del Páramo	9473,28	17,84	7916,40	14,91	10472,62	19,73
Herbazal húmedo subnival del Páramo	9577,42	18,04	10192,62	19,20	9559,71	18,01
Herbazal inundable del Páramo	4091,21	7,71	2824,90	5,32	2950,10	5,56
Herbazal ultrahúmedo subnival del Páramo	4997,99	9,41	6279,28	11,83	7263,62	13,68
Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo	4712,24	8,88	5171,90	9,74	3497,01	6,59
Intervención	140,05	0,26	2481,09	4,67	5064,65	9,54
Nieve	5470,60	10,30	2135,25	4,02	2366,36	4,46
Otros	118,43	0,22	2421,63	4,56	3,20	0,01
<b>TOTAL</b>	<b>53092,4</b>	<b>100</b>	<b>53092,4</b>	<b>100</b>	<b>53092,4</b>	<b>100</b>

Elaborado por: Zambrano, L. 2016

En la tabla 02, se evidencian los siguientes cambios en la cobertura ecosistémica en la Reserva Chimborazo:

La categoría Intervención presenta el mayor incremento correspondiente al 9,28%, que equivale a 4924,6 hectáreas, pues en el primer período (1962-1966) se cuantificó en apenas un 0,26%, para el segundo período (2000), aumentó a 4,67%, sin embargo, para el tercer periodo evaluado (2010-2011) este porcentaje crece a 9,54%; hay que aclarar que esta categoría es una de las más importantes en cuestión de superficie ocupada, misma que posiblemente fue generada por el cambio de uso del suelo, producto de actividades antrópicas.

Le sigue el ecosistema Herbazal ultrahúmedo subnival del Páramo, que en el periodo 1962-1966 presentaba un 9,41%, en el periodo 2000 subió a un 11,83% y para en el periodo 2010-2011, registró un 13,68%; mostrando un incremento de 4,27% (2265,63 hectáreas).

El ecosistema Herbazal húmedo montano alto superior del Páramo en el periodo 1962-1966 esta categoría indicó un 17,84% y para el periodo 2010-2011, este valor crecería a un 19,73%, presentando un aumento correspondiente a 1,89% (999,34 hectáreas).

El ecosistema Bosque siempreverde del Páramo presenta el menor incremento de superficie debido a que en el primer período se cuantifico en 1,86%, y en el tercer periodo este porcentaje presentó 1,92%, evidenciando un ligero aumento de 0,06% (31,75 hectáreas).

Claramente la categoría Nieve, presenta la mayor disminución de superficie debido a que en el primer período (1962-1966) se cuantifico en un 10,30%, para el segundo período (2000) baja a 4,02%, y en el tercer periodo (2010-2011) llega a 4,46%, indicando una reducción de 5,85% equivalente a 3104,24 ha, evidenciando la variabilidad climática que ha experimentado el Área Protegida.

Le sigue el Herbazal del Páramo, en el primer período (1962-1966) muestra un 18,30%, sin embargo, para el tercer periodo (2010-2011), baja a 14,07%, presentando un decrecimiento de 4,23%, que equivale a 2245,16 hectáreas.

El Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo, en el primer período (1962-1966) se cuantifico en un 8,88%, sin embargo, para el tercer periodo (2010-2011), disminuye a 6,59%, decreciendo así un 2,29 % equivalente a 1215,23 hectáreas.

Esta tendencia de reducción superficial la experimenta también el Herbazal inundable del Páramo, en el primer período (1962-1966) se cuantifico en un 7,71%, sin embargo, para el segundo período (2000) disminuye a 5,32%, para que en el tercer periodo evaluado (2010-2011), se establezca en un 5,56%, evidenciando un decrecimiento correspondiente a 2,15% (1141,11ha).

La categoría Arbustal siempreverde y Herbazal del Páramo en el primer período (1962-1966) demuestra un 7,17%, sin embargo, para el tercer periodo período (2010-2011) disminuyó a 6,45%, observándose un decrecimiento del 0,72% (382,66 ha).

El Herbazal húmedo subnival del Páramo, en el primer período (1962-1966) registró un 18,04% y en el tercer periodo (2010-2011), presentó un 18,01%, presentando la menor disminución correspondiente a 0,03% equivalente a 17,71 hectáreas.

Los cambios analizados en los ecosistemas presentes en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo se debería a la influencia del cambio climático pues según Cáceres, L. 2001, la región interandina posee tendencia a la desertificación y cambios ecosistémicos, debido a los cambios de temperatura cada vez más extremos que incidirían notablemente en la frágil estabilidad de las formaciones vegetales andinas.

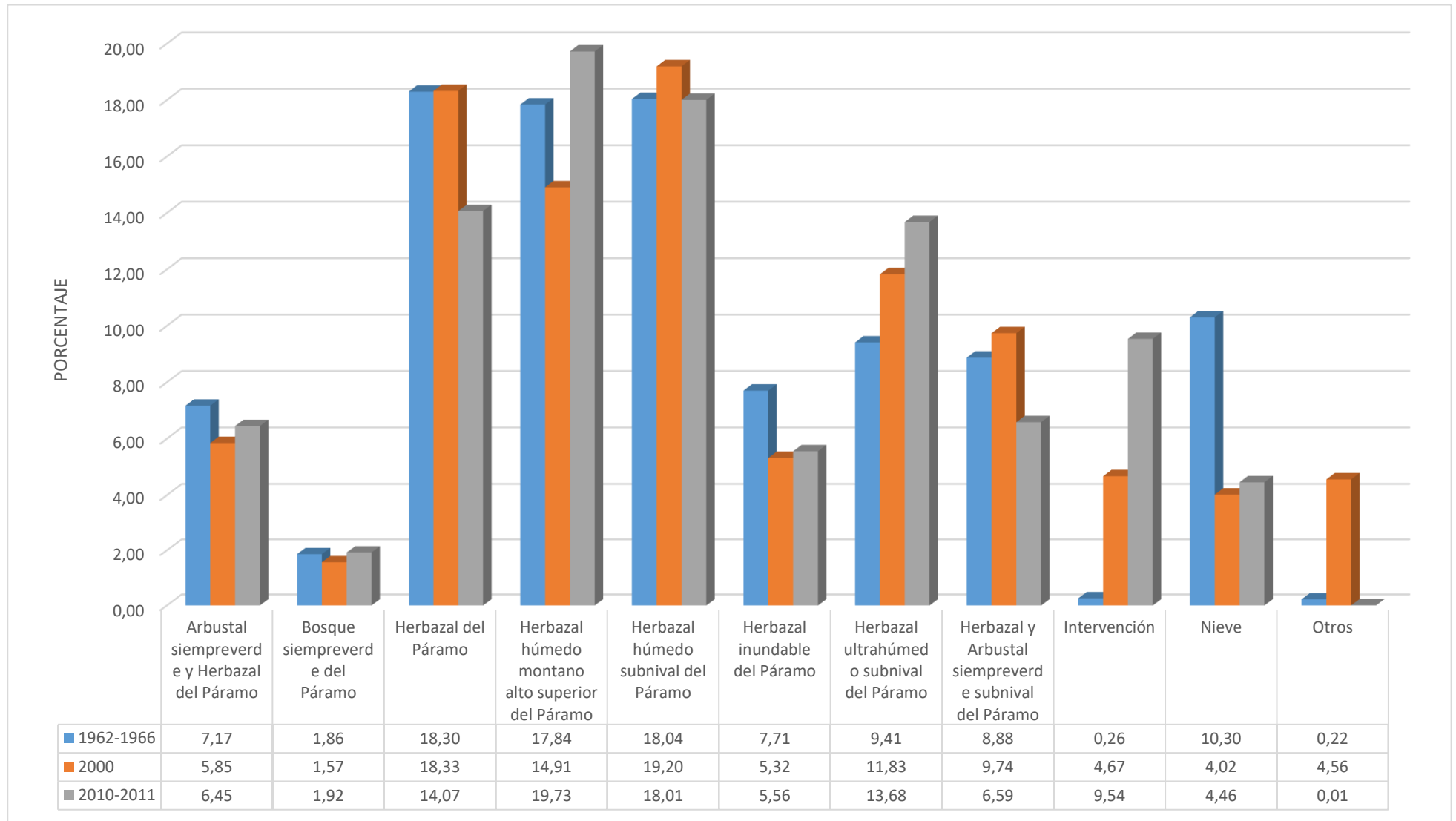


Grafico 01. Ecosistemas de la RPFCH, Periodos 1962-1966; 2000; 2010-2011.  
Elaborado por: Zambrano, L. 2016

## **C. FACTORES QUE HAN INCIDIDO EN LOS CAMBIOS DE VEGETACIÓN EN LOS DIFERENTES AÑOS.**

### **1. Cronología de la RPFCH**

Dentro de la cronología de los últimos 50 años de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, determinar aquellos factores que han intervenido de alguna manera especificando su papel es complejo, pues la información en muchas ocasiones es generalizada a un nivel regional o nacional; puesto que el análisis multitemporal parte del año 1962, se hizo necesario realizar la recopilación de información secundaria, que facilite entender los factores más relevantes en función de uso y conversión del suelo, así como la incorporación de técnicas o proyectos que tengan vinculación con la Reserva, estos son descritos a continuación:

- En entre 1900 y 1962, hacendados ceden tierras altas para su cultivo, en donde los indígenas con el tiempo obtuvieron derechos sobre la tierra.
- En 1964, se creó la Primera Ley de Tierras Baldías y Colonización, que busco distintas tendencias para el agro de esa época, más tarde comenzaría una fase intensa de legalización de tierras.
- Durante los años 1968 a 1972, se hacen algunas modificaciones a la Ley de Reforma Agraria creando activos programas de colonización.
- En 1984, se realiza el estudio de “Prospección del hábitat de llama en territorio ecuatoriano”, este fue un factor relevante en la introducción de los camélidos en la Reserva y se crea el Acuerdo Ministerial 437 (Artículo 7), que prohibió las nuevas ocupaciones de las tierras, la alteración de sus límites, el deterioro de sus recursos, su contaminación, aquellas actividades que atenten con sus ecosistemas, así como la ejecución de proyectos y obras no factibles o perjudiciales.

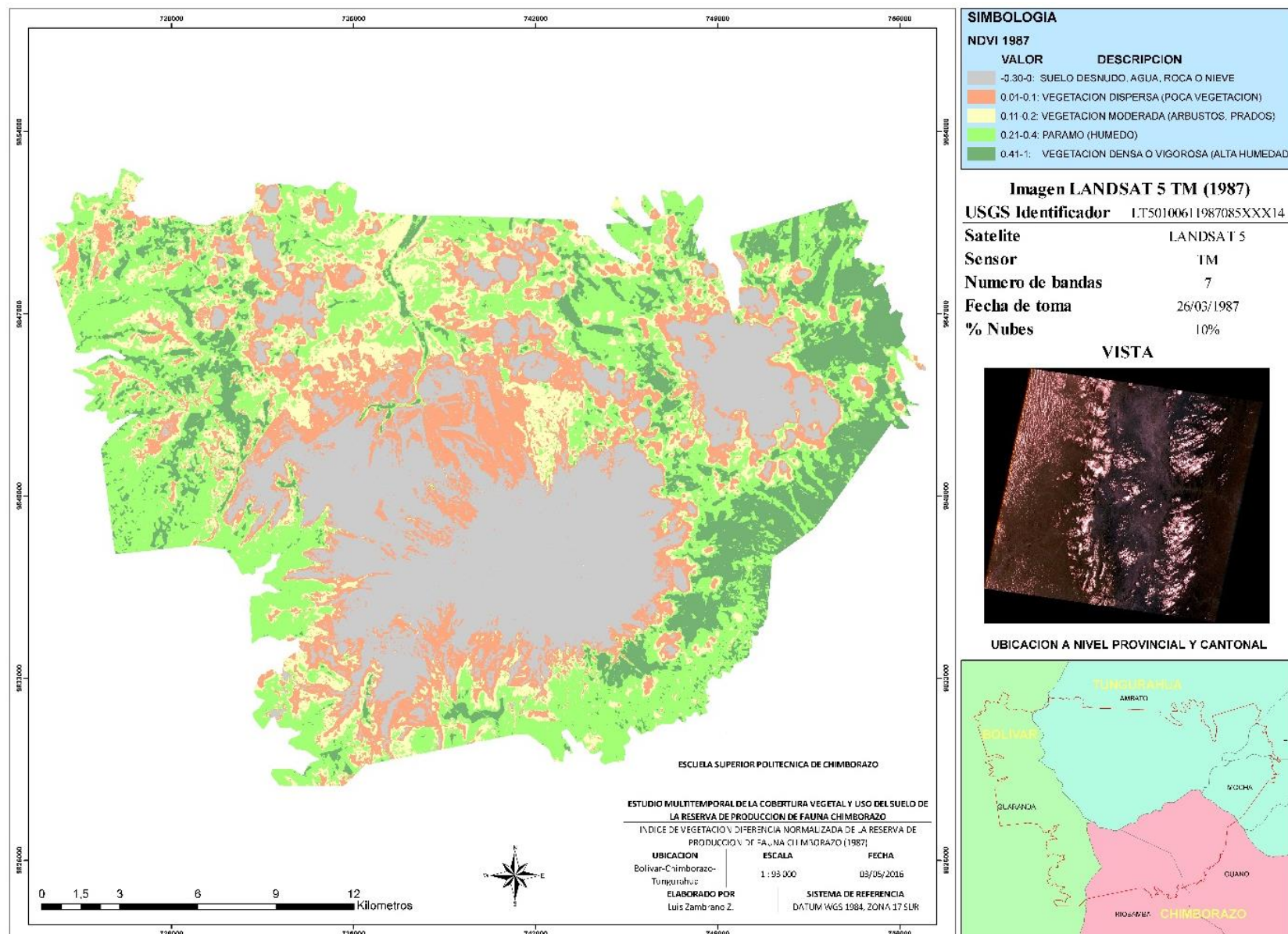


- En 1987, se crea la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, delimitando a su vez sus límites.
- En 2004 se crea el Registro Oficial 430, que mencionaba que el producto de la venta de la fibra se destinará en beneficio de las organizaciones campesinas involucradas en la actividad de conservación y manejo de la especie, conforme a ese registro creció el interés comunitario por apropiarse de la idea estatal de crianza de alpaca y llamas, aceptando la presencia de la vicuña.
- La alteración de la cobertura vegetal en la Reserva se ve afectada por el pastoreo principalmente por el de ovejas y ganado vacuno, a esto se suma la quema de pajonal, mecanismo por el cual las comunidades obtiene pasto fresco y tierno; la quemas y el ganado son las principales causas que caracterizan a la presencia humana dentro de la reserva.
- El 80% de la Reserva es propiedad de 38 comunidades indígenas, organizaciones campesinas y propietarios privados.
- El cambio climático, por los cambios de temperatura cada vez más extremos, sería un factor que afectaría a la frágil estabilidad de las formaciones vegetales andinas.

## 2. Índice de vegetación diferencia normalizada (NDVI)

### a. Reserva de Producción de Fauna Chimborazo – NDVI 1987

De acuerdo al Mapa 07. Se observa que el Índice de Vegetación en el año 1987 presentó los siguientes valores: 26.61% de la superficie de la Reserva presentaba Suelo desnudo, agua, roca o nieve; el 18.40%, coincidían con suelos con Vegetación dispersa (Poca Vegetación); el 14.30% de la superficie suelo con Vegetación moderada (Arbustos, Prados); el 28.62% condicionan suelos de Páramo (Húmedo) y el 12.06%, Vegetación densa o vigorosa (Alta Humedad); de acuerdo al INAMHI en este año existió una precipitación promedio anual de 624.36 mm.



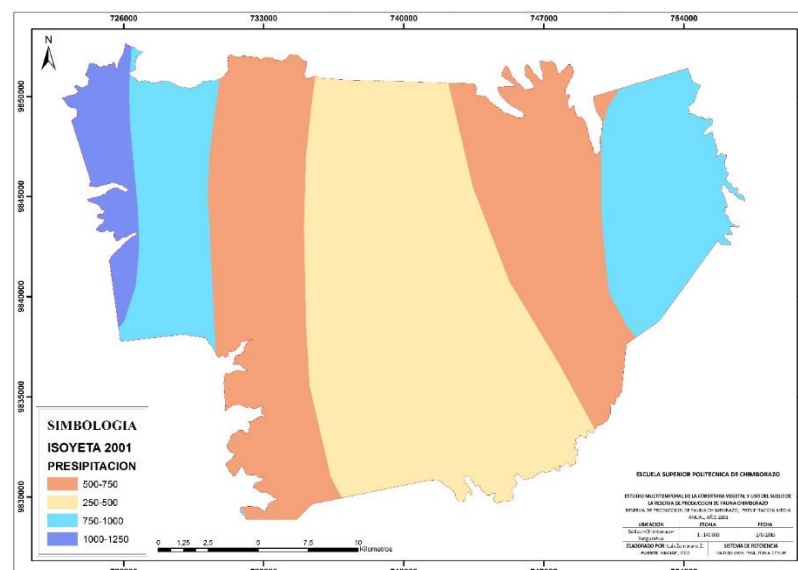
Mapa 07. Índice de Vegetación Diferencia Normalizada, RPFCH (1987).

## b. Reserva de Producción de Fauna Chimborazo– NDVI 2000

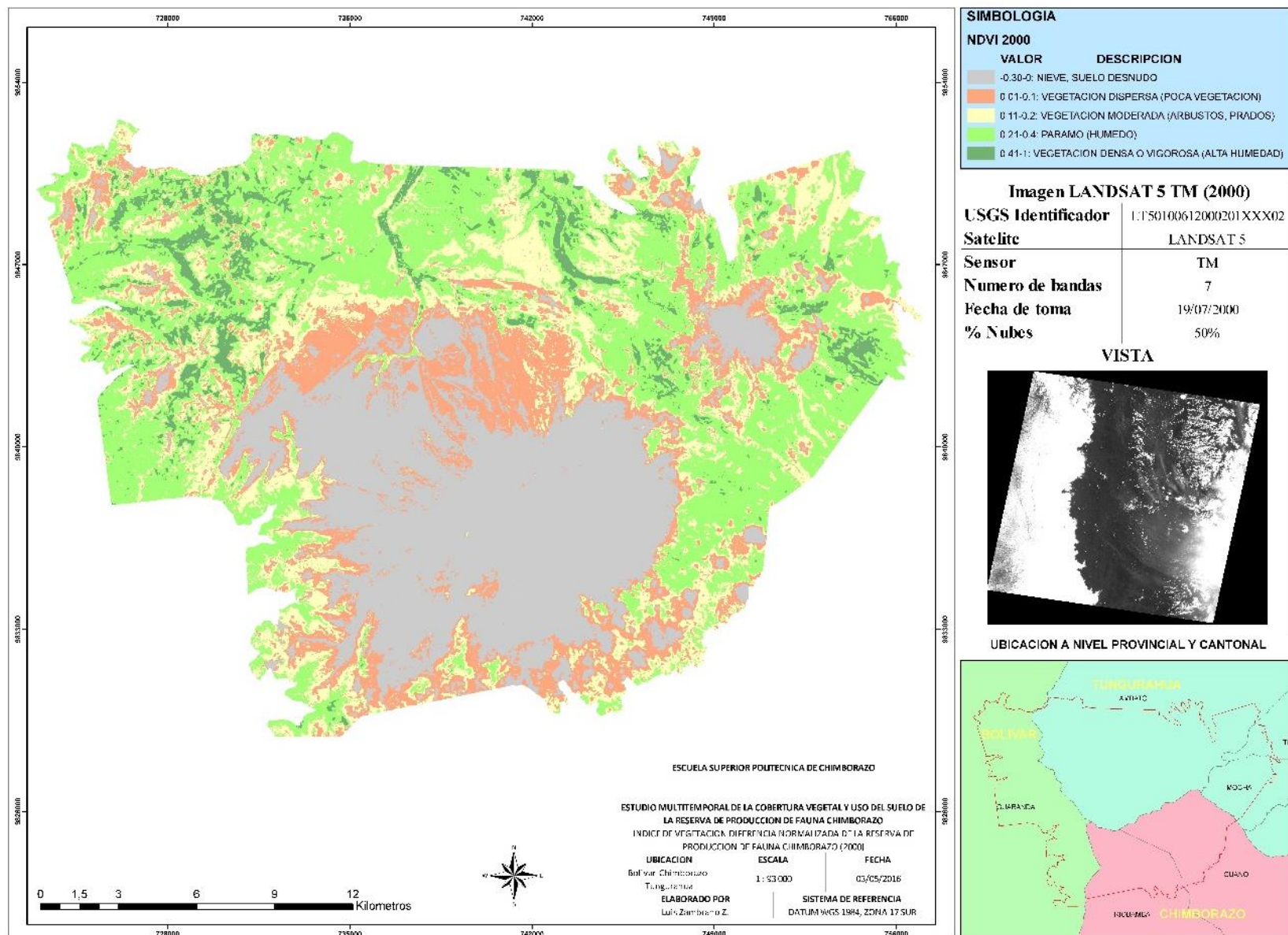
El análisis del Índice de Vegetación (Mapa 09.), demostró que para el año 2000 el 27.50% de la superficie de la Reserva presentaban suelos desnudos, agua, roca o nieve; el 15.90%, coincidían con suelos con vegetación dispersa (Poca Vegetación); el 19.22% de la superficie suelos con vegetación moderada (Arbustos, Prados); el 32.51% condicionan suelos de paramo (húmedo) y el 4.87 Vegetación densa o vigorosa (Alta Humedad), durante este espacio de tiempo dentro de la Reserva.

En 1987 se registró un 26.61% de suelo desnudo, este último aumento a 27.50 % para el año 2000, esto indico que la superficie con ninguna vegetación fue en aumento, para el caso de los suelos con vegetación dispersa, para 1987 se registró un 18.40% y el año 2000 condiciono un 15.90%, indicando perdida de cobertura con vegetación dispersa; en año 2000 los suelos con vegetación moderada se identificaron en un 19.22% indicando un aumento positivo con respecto al 14.30% en el año 1987; el páramo presento en el 2000 un porcentaje superficial de 32.51%, esto indico que existió un crecimiento positivo para esta cobertura con respecto al año 1987; en 2000 la vegetación densa o vigorosa se cuantifico en un 4.87% indicando un estado de conservación bajo con respecto al 12.06% en 1987.

Durante este año la precipitación anual oscilaba entre los 500 y 1250 mm de precipitación anual.



Mapa 08. Rango de Precipitaciones Medias Anuales, RPFCH (2001).



Mapa 09. Índice de Vegetación Diferencia Normalizada, RPFCH (2000).



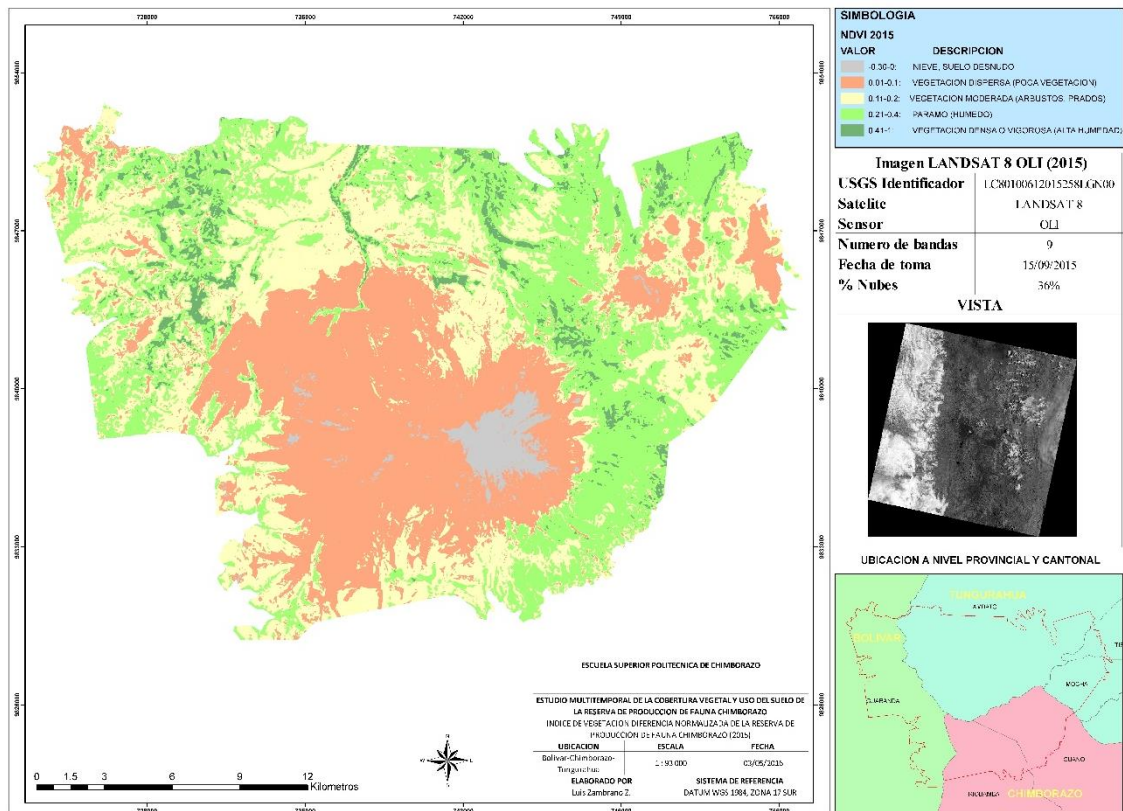
### **c. Reserva de Producción de Fauna Chimborazo– NDVI 2015**

El análisis del Índice de Vegetación (Mapa 10), evidenció que para el año 2015 el 2,31% de la superficie de la Reserva presentaba suelo desnudo, agua, rocas o nieve; el 30,82%, coincidían con suelos con vegetación dispersa (Poca Vegetación); el 31,99% de la superficie suelos con vegetación moderada (Arbustos, Prados); el 31,09% condicionan suelos de paramo (Húmedo), mientras aquellos suelos con Vegetación densa o vigorosa (Alta Humedad), para este año bajo a 3,79%.

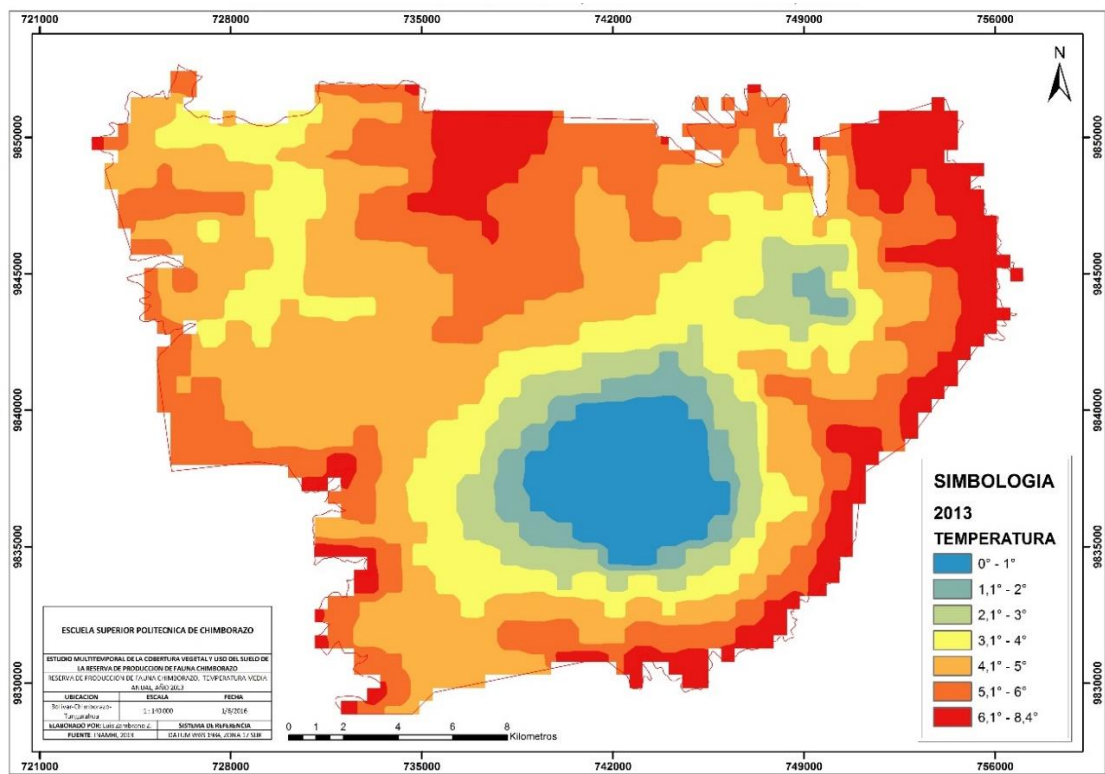
La superficie correspondiente al suelo desnudo o sin vegetación mostró la mayor reducción, pues en 1987 cubría el 26,61%, pasa al 27,50% en el 2000, y en el año 2015 este valor se redujo a 2,31%; mientras que aquellos suelos con Vegetación densa o vigorosa (Alta Humedad) presentó una menor reducción en el porcentaje de cobertura, pues en 1987 cubrían un 12,06% de la Reserva, en el año 2000, baja a 4,87% y en 2015 estos suelos se reducirían a 3,79%.

Los suelos con vegetación moderada (Arbustos, Prados), muestran el mayor incremento en el porcentaje de cobertura, debido a que en el año 1987 registra un porcentaje superficial de 14,30%, mientras que para el año 2000 este porcentaje sube a 19,22%, para finalmente en el año 2015 llegar a 31,99%, demostrando que este tipo de cobertura predomina en la Reserva actualmente; así mismo los suelos con vegetación dispersa (Poca Vegetación) presentaron una tendencia similar, en el año 1987 presentaron un 18,40% y 15,90% en 2000, mientras que para el 2015 la superficie se incrementó al 30,82%.

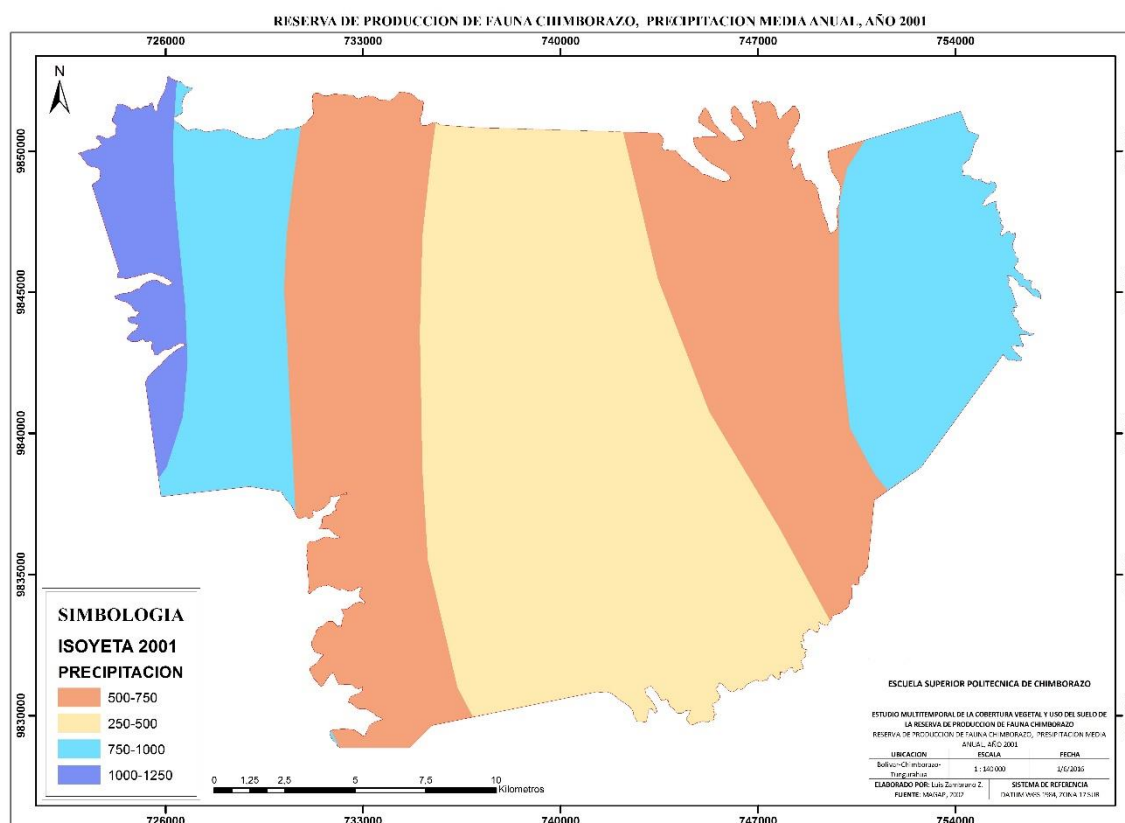
La cobertura vegetal Páramo (Húmedo) presentó el menor cambio en el periodo de tiempo evaluado, puesto que para 1987 muestra un 28,62% de la superficie de la Reserva, este porcentaje para el año 2000 se elevó a 32,51%, y en 2015, bajó sutilmente a 31,09%;



Mapa 10. Índice de Vegetación Diferencia Normalizada, RPFCH (2015).



Mapa 11. Rango de Temperaturas Medias Anuales, RPFCH (2013).



Mapa 12. Rango de Precipitaciones Medias Anual, RPFCH (2001).

### 3. Dinámica del NDVI en la RPFCH

Cuadro 05. Dinámica Porcentual del NDVI en los años 1987; 2000 y 2015.

NDVI (%)						
Rangos NDVI	AÑO	Suelo desnudo, agua, roca o nieve	Vegetación Dispersa (Poca Vegetación)	Vegetación moderada (Arbustos, Prados)	Paramo (Húmedo)	Vegetación densa o vigorosa (Alta Humedad)
		-0,3 - 0	0,01 - 0,1	0,11 - 0,2	0,21-0,4	0,41 - 1
-0,31 - 0,72	1987	26,61	18,40	14,30	28,62	12,06
-0,46 - 0,65	2000	27,50	15,90	19,22	32,51	4,87
-0,33 - 0,58	2015	2,31	30,82	31,99	31,09	3,79
DIFERENCIA (%)		-24,30	12,42	17,70	2,47	-8,27
DIFERENCIA (Ha)		-12903,95	6593,18	9395,34	1310,48	-4392,02

Elaborado por: Zambrano, L. 2016

Mediante el análisis porcentual del comportamiento vegetal resultante del NDVI de los años 1987; 2000 y 2015, la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, mostro cambios en su

estructura vegetal (Tabla 02), la superficie correspondiente al suelo desnudo o sin vegetación mostró la mayor reducción, pues en 1987 cubría el 26,61% de la superficie de la RPFCH y en el año 2015 este valor se redujo a 2,31%; mientras que aquellos suelos con Vegetación densa o vigorosa (Alta Humedad) presentó una menor reducción en el porcentaje de cobertura, pues en 1987 cubrían un 12,06% de la Reserva, en el año 2000, baja a 4,87% y en 2015 estos suelos se reducirían a 3,79%.

Los suelos con vegetación moderada (Arbustos, Prados), muestran el mayor incremento en el porcentaje de cobertura, debido a que en el año 1987 registra un porcentaje superficial de 14,30%, mientras que para el año 2000 este porcentaje sube a 19,22%, para finalmente en el año 2015 llegar a 31,99%, demostrando que este tipo de cobertura predomina en la Reserva actualmente; así mismo los suelos con vegetación dispersa (Poca Vegetación) presentaron una tendencia similar, en el año 1987 presentaron un 18,40%, mientras que para el 2015 la superficie se incrementó al 30,82%.

La cobertura vegetal Páramo (Húmedo) presentó el menor cambio en el periodo de tiempo evaluado, puesto que para 1987 muestra un 28,62% de la superficie de la Reserva, este porcentaje para el año 2000 se elevó a 32,51%, y en 2015, bajó sutilmente a 31,09%;

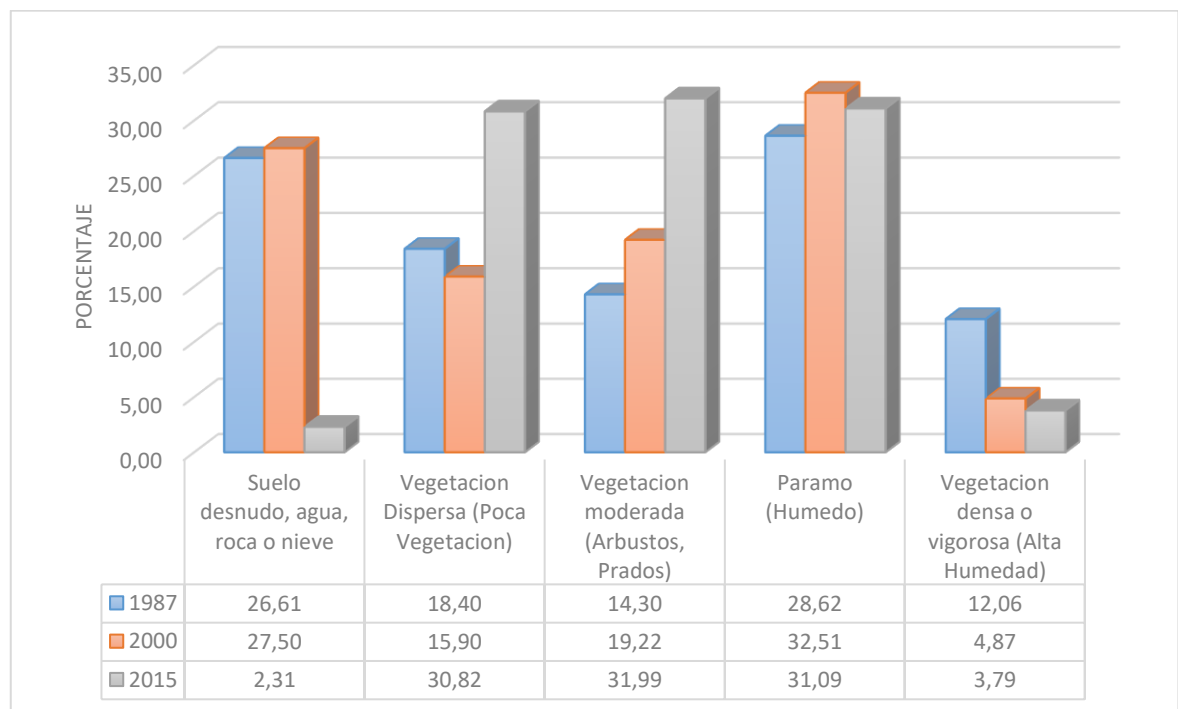


Grafico 02. NDVI de los años 1987,2000 y 2015.  
Elaborado por: Zambrano, L. 2016



## **D. ALTERNATIVAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA VEGETACIÓN COMO PARTE DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS**

Bajo los conceptos estipulados en Plan Operativo Anual 2016 con base en elementos de Planificación Estratégica de Manejo de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, se establecieron propuestas de conservación de acuerdo a los siguientes lineamientos:

### **1. Recurso Turismo**

Fortalecer el turismo comunitario responsable, estableciendo sectores turísticos estratégicos y formalizando una organización comunitaria que involucre a representantes de las comunidades que han habitado ancestralmente el Área Protegida. Esto debería ejecutarse de manera conjunta entre el Ministerio del Ambiente (Administrador del Área Protegida) y el Gobierno Provincial, puesto que este último tiene como competencia la gestión ambiental de acuerdo a lo que se establece en el COOTAD, y la Constitución de la República del Ecuador en su Artículo 263.

### **2. Recurso Agua**

Implementar sistemas de monitoreo y control para disminuir y/o evitar la intervención inadecuada, propiciando la regeneración natural asistida de aquellas áreas afectadas por la quema, pisoteo y aprovechamiento forestal en el Herbazal inundable del Páramo (Bofedales) debido su importancia como regulador hídrico y al gran deterioro que ha experimentado este ecosistema. En concordancia a los objetivos estratégicos del MAE: 3.3. “*Mantener y mejorar la cantidad y calidad del agua*” y 3.4. “*Reducir el riesgo ambiental y la vulnerabilidad de los ecosistemas*” (Libro 1, TULSMA).

### **3. Ecosistemas**

El Artículo 79 de la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre manifiesta que “...quien provoque incendios de bosques o vegetación protectores, cause daños en ellos, destruya la vida silvestre o instigue la comisión de tales actos será multado con...uno a diez salarios mínimos vitales generales”, por tal efecto emprender talleres de

concientización sobre manejo del Área Protegida, socializando el estado de conservación, importancia y funciones de los ecosistemas, a la población que ejerce actividades agropecuarias dentro del Área Protegida y en su zona de amortiguamiento.

Igualmente, el Artículo 5, menciona que son “*atribuciones y funciones del Ministerio del Ambiente... velar por la conservación...de los recursos naturales existentes*” por lo que se hace necesario incentivar y fortalecer las actividades productivas agropecuarias fuera del territorio de la Reserva, para disminuir el cambio de uso de suelo producido por la presión que ejercen las comunidades que han habitado ancestralmente en la Reserva; en el mismo Artículo, literal c. se condiciona al Ministerio del Ambiente, la facultad de “*Delimitar y administrar...las áreas naturales y de vida silvestre pertenecientes al Estado*”, bajo este concepto llegar a la delimitación física (colocación de hitos) de la RPFCH, que facilite la identificación de los límites y jurisdicción de la Reserva.

En el año 2008, el Ministerio del Ambiente estableció el proyecto “Socio Bosque”, a través del Acuerdo Ministerial 169, con lo Objetivos de lograr la conservación de las áreas de bosques nativos, paramos y otras formaciones vegetales nativas del Ecuador; Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero causadas por efecto de la deforestación; y Contribuir a las mejoras de las condiciones de vida de los habitantes de poblaciones rurales asentadas en dichas áreas. Así mismo en el año 2013, a través del AM 131, elevó el Proyecto Socio Bosque a Programa Nacional de Incentivos a la Conservación y Uso Sostenible del Patrimonio Natural “Socio Bosque”. Esto en consideración a los numerales 5 y 7 de la Constitución de la Republica, que señalan como deberes primordiales del Estado la erradicación de la pobreza, promover el desarrollo sustentable y la protección del patrimonio natural del país. Además, el Artículo 71 de la Constitución, en el tercer inciso determina que el Estado incentivará a las personas naturales, y a los colectivos para que protejan a la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.

Debido a lo antes mencionado, según el Ministerio del Ambiente existen alrededor de 6700 ha protegidas a través de este proyecto,

En consideración al marco legal expuesto es necesario mantener los convenios firmados con socio bosque y propiciar el ingreso de nuevos socios, que posean propiedades dentro del

Área Protegida, con el propósito de conservar y propiciar la regeneración natural de los ecosistemas presentes en la Reserva.

#### **4. Alternativas de Conservación**

El fortalecimiento de las actividades productivas agropecuarias fuera de la Reserva y las actividades turísticas dentro de la misma podrían disminuir la presión sobre su territorio, disminuyendo de esta manera el cambio de uso de suelo.

La Implementación de sistemas de monitoreo, propiciaría la conservación del Herbazal inundable de Paramo (Bofedales), debido al gran deterioro que ha experimentado este ecosistema ya por si frágil

El Fortalecimiento del turismo comunitario responsable, estableciendo sectores turísticos estratégicos y formalizando una organización comunitaria que involucren a representantes de las comunidades que han habitado ancestralmente el Área Protegida, ayudaría a reducir el impacto que tiene el turismo y la agricultura en la RPFCH.

## VII. CONCLUSIONES

Se determinó que la categoría Intervención dentro de la RPFCH, aumento considerablemente durante los periodos 1962-1966 (0.26%) y 2000 (4.67%), duplicándose para el periodo 2010-2011 (9.54%); mayoritariamente esta superficie la cubren suelos agrícolas, de ganadería y repoblaciones forestales exóticas, así como también el establecimiento de comunas en sitios específicos alterando la composición de los frágiles ecosistemas de la Reserva.

La categoría Intervención presentó el mayor incremento de superficie, de 140.05 ha (0.26%) en el periodo 1962-1966, crece a 4924,6 (9,28%) en el periodo 2010-2011.

El ecosistema Bosque siempreverde del Páramo presenta el menor incremento de superficie, presentando un aumento de 0,06% (31,75 hectáreas) con respecto al periodo 1962-1966.

La categoría Nieve, presentó la mayor disminución de superficie indicando una reducción de 5,84% equivalente a 3104,24 ha, evidenciando la variabilidad climática que ha experimentado el Área Protegida.

El ecosistema Herbazal húmedo subnival del Páramo, presentó la menor disminución correspondiente a 0,03% equivalente a 17,71 hectáreas.

Los factores que incidido en los cambios de vegetación en los diferentes años son: colonización del ecosistema páramo, ley de reforma agraria (1964), 38 comunidades que habitan dentro de la Reserva, introducción de camélidos andinos cuya población crece, actividades agropecuarias en territorio de la Reserva y el cambio climático.

De acuerdo a la estadística de los resultados obtenidos del Índice Diferencial Normalizado de Vegetación se observa como valores mínimos -0,31; -0,46, -0,33; y como valores máximos 0,72; 0,65; 0,58 respectivamente de los años 1987, 2000 y 2015; lo que significa que, en el estado de conservación de la vegetación para la producción fotosintética y alopatía de la vegetación, se concluye que se evidencia una alteración ecosistémica.

Los siguientes rangos: -0,33 a 0; 0,01 a 0,1; 0,11 a 0,2; 0,21 a 0,4; 0,41 a 0,72; permitieron discriminar de mejor manera la vegetación y su estado; logrando así determinar 5 clases:

Suelo desnudo, agua, roca o nieve; Vegetación dispersa (poca vegetación), Vegetación Moderada (arbustos, prados), Páramo (Húmedo); Vegetación Densa o vigorosa (Alta Humedad); de los cuales se observa que para el año 2015 existe un porcentual bastante marcando en lo que respecta a la vegetación moderada se incrementa en 17.70% al igual que la vegetación dispersa se incrementa en un 12.42% y mientras decrece la vegetación vigorosa en un 8.27%, indicando el evidente cambio ecosistémico que ha experimentado la reserva los últimos 28 años.

El fortalecimiento de las actividades productivas agropecuarias fuera de la Reserva y las actividades turísticas dentro de la misma podrían disminuir la presión sobre su territorio, disminuyendo de esta manera el cambio de uso de suelo.

La Implementación de sistemas de monitoreo, propiciaría la conservación del Herbazal inundable de Paramo, debido al gran deterioro que ha experimentado este ecosistema ya por si frágil

El Fortalecimiento del turismo comunitario responsable, estableciendo sectores turísticos estratégicos y formalizando una organización comunitaria que involucre a sus representantes, que han habitado ancestralmente el Área Protegida, ayudaría a reducir el impacto que tiene el turismo y la agricultura en la RPFCH.

## **VIII. RECOMENDACIONES**

Desarrollar estudios del impacto producido por la carga animal dentro de los ecosistemas de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo.

Socializar, involucrar y concientizar a partir del presente estudio y similares, a las entidades competentes para establecer mecanismos de control, para fortalecer procesos de conversión del uso del suelo y así reducir el rápido deterioro de los ecosistemas de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo.

Implementar estaciones meteorológicas dentro de la Reserva y en zonas aledañas, para facilitar datos meteorológicos al momento escasos que faciliten el desarrollo de futuras investigaciones.

## **IX. RESUMEN**

La presente investigación propone: realizar un estudio multitemporal de la cobertura vegetal y uso de suelo de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo; ubicado entre las provincias de Tungurahua, Bolívar y Chimborazo, su desarrollo implicó el uso de fotografías aéreas e imágenes satelitales, generando información espacial de diferentes periodos de tiempo, a fin de analizar los porcentajes y comportamiento del uso de suelo y cambio de la vegetación y comprender la dinámica que ha experimentado la Reserva, Así la actividad antrópica para el periodo 1962-1966 se cuantificaba en un 0.26% y la nieve en un 10.30%, mientras que para el periodo 2010-2011, el porcentaje de intervención se incrementa a un 9.54% y el de nieve decrece a un 4.46%, estos cambios afectaron a los ocho ecosistemas presentes en la Reserva: los factores que incidieron en estos cambios, fueron la colonización del páramo, la ley de reforma agraria (1964), las comunidades que habitan en la Reserva, la introducción de los camélidos andinos, las actividades agropecuarias y cambio climático: mediante la adopción de medidas de mitigación y recuperación de la cobertura vegetal, podría propiciarse su gradual recuperación, como también una apropiada aplicación de la normativa ambiental vigente, haciendo necesario socializar, involucrar y concientizar a partir del presente estudio y similares, a las entidades competentes para establecer mecanismos de control, para detener procesos de conversión del uso del suelo y así reducir el rápido deterioro de los ecosistemas presentes en las Áreas Protegidas del Ecuador, de manera que pueda generar información documentada para la toma de decisiones y una correcta planificación territorial.

**Palabras clave:** cobertura vegetal, actividad antrópica, ecosistemas.



## **X. SUMMARY**

The present investigation proposes: to make a multi temporal study of the vegetal coverage and soil usage of the Fauna Production Reserve of Chimborazo, located among the provinces of Tungurahua, Bolivar and Chimborazo, its development implied the use of photographs areas and satellite images, by generating spacial information of different periods of time, with the aim to analyze the percentages and behavior of the soil usage and change of the vegetation and understand the dynamics that the Reserve has experimented.

On this way the anthropic vegetation for the period 1962-1966 was quantified in a 0.26% and the snow in a 10.30%, meanwhile for the period 2010-2011, the percentage of intervention is increased to 9.54% and the snow decreases to 4.46%, these changes affected to the 8 ecosystems present in the Reserve: the factors that incided in these changes were the settling of the paramo, the agragarian reform law (1964), the communities that dwell in the Reserve, the introduction of the Andean camelids, the agricultural activities and climate change, by means of the adoption of mitigating measurements and recovering of the vegetal coverage, it could promote its gradual recovering, as well as a proper application of the current environmental regulation, by making necessary to socialize, involve, and aware from the present study and similar, to the competent entities to establish control mechanisms to stop the conversion processes of the soil usage and reduces the fast damage to the ecosystems present in the Protected Areas of Ecuador, on this way could generate documented information for the decision taking and a correct territorial planning.

**Key Words:** Vegetal Coverage, Anthropic activity, ecosystems.





## **XI. BIBLIOGRAFÍA**

- Arango M., Branch J. & Botero, V. (2005). *Clasificación no supervisada de coberturas vegetales sobre imágenes digitales de sensores remotos: "LANDSAT – ETM+"*. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Minas. A. A. 1027. Medellín - Colombia. p. 2622.
- Baptista. V. (2009). *Los Camélidos en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo*. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO – ECUADOR. pp. 6-7.
- Beltran, K; Bustamante, M; Albán, M & Argüello, M. (Eds.). (2011). *Los páramos de Chimborazo. Un estudio socioambiental para la toma de decisiones*. Gobierno Autónomo Descentralizado de Chimborazo/EcoCiencia/CONDESAN/Programa BioAndes/Proyecto Páramo Andino. Quito.
- Cáceres, A. (2010). *Sistemas de Información Geográfica*. Consultado: 01/05/2015. Disponible en: [http://www.slideshare.net/sacra07/sig-sistemas-de-informacin-geografica\](http://www.slideshare.net/sacra07/sig-sistemas-de-informacin-geografica)
- Canada Centre For Remote Sensing. (2001). News and announcements. Consultado: 01/11/2015. Disponible en: [www.ccrs.nrcan.gc.ca](http://www.ccrs.nrcan.gc.ca)
- Chapalbay, C. (2015). *El derecho de propiedad y uso de las tierras, y la Reserva De Producción Faunística Chimborazo*. Facultad De Jurisprudencia y Ciencias Sociales, Universidad Técnica de Ambato. pp. 5-6.
- Constitución De La República Del Ecuador. (2008). *Constitución De La República Del Ecuador*: Corporación de Estudios y Publicaciones. Quito.
- Díaz, P. (2015). *Caracterización ecológica de los bofedales, como hábitat vital de las vicuñas en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo con la aplicación de herramientas de SIG y teledetección*. Universidad San Francisco de Quito. Quito: Colegio de Postgrados.

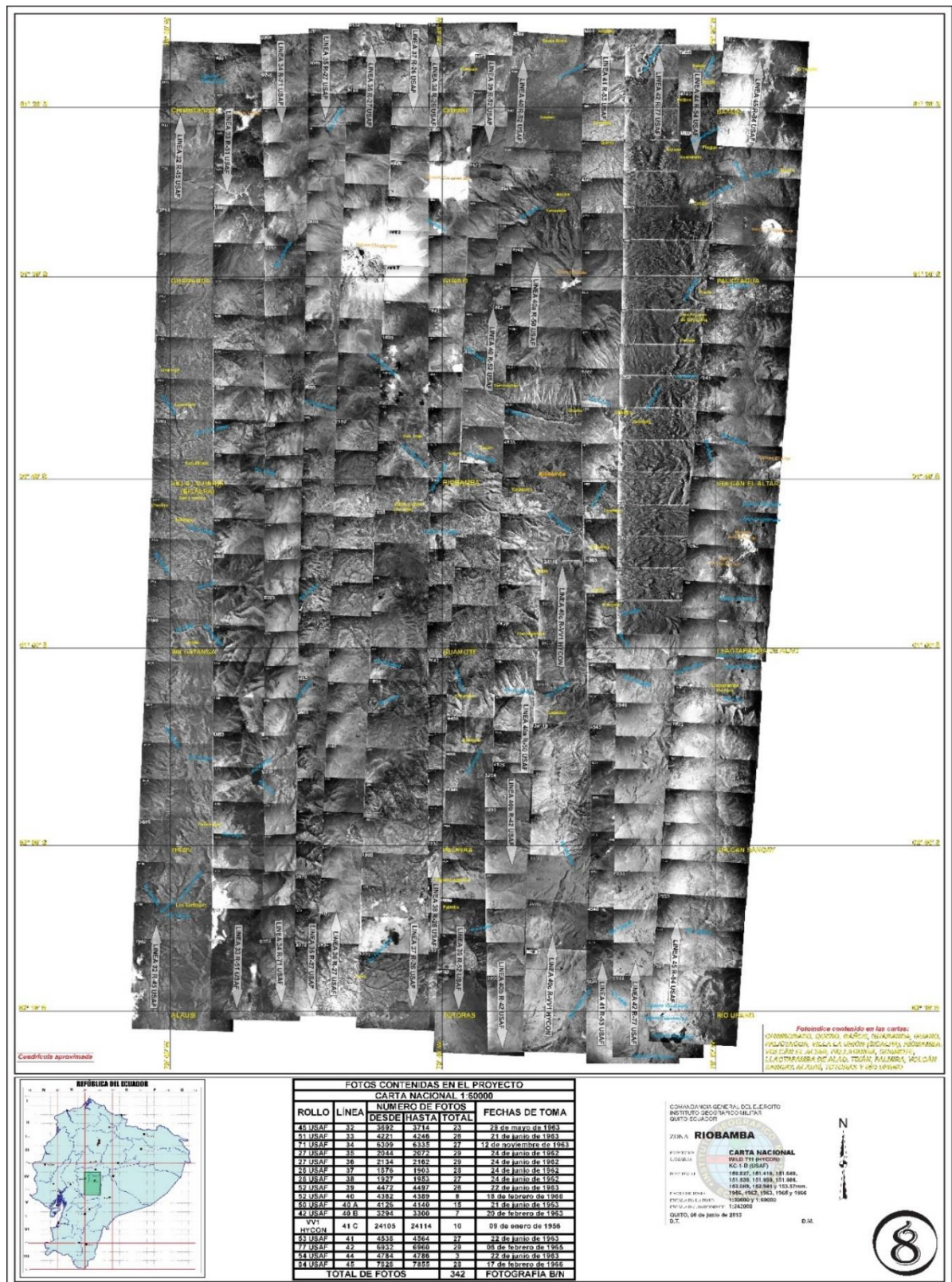
- Instituto de Ecología Aplicada, & Ministerio del Ambiente. (2007). *Guía del patrimonio de áreas naturales protegidas del Ecuador*. ECOFUND, FAN, DarwinNet, IGM. Quito, Ecuador: IGM. p. 152-156.
- Gondard, P., & Mazurek, H. (2001). *30 Años de Reforma Agraria y Colonización en el Ecuador (1964-1994)*. Dinámicas territoriales: Ecuador, Bolivia, Perú, Venezuela, Estudios de Geografía. Vol. 10, Colegio de Geógrafos del Ecuador, CGE/Corporación Editora Nacional, CEN / Instituto de Recherche pour le Developpement. IRD/Pontificia Universidad Católica del Ecuador, PUCE. Quito, 2001, pp. 15-40, 147. Consultado el: 10/01/2016. Disponible en: [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/pleins\\_textes\\_7/carton01/010026095.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/carton01/010026095.pdf)
- Holdridge, L. (2000). *Ecología basada en zonas de vida*. (4ta reimpresión). San José – Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. p. 216 Consultado el: 09/01/2016. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=m3Vm2TCjM\\_MC&printsec=frontcover&=gb\\_s\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q=40%25&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=m3Vm2TCjM_MC&printsec=frontcover&=gb_s_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q=40%25&f=false)
- Jiménez E., Mena M., & Wong P. (2011). *Diagnóstico de la cobertura vegetal de la cuenca hidrográfica del Rio California-Valdivia*. Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Producción. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 vía Perimetral. Guayaquil-Ecuador.
- López, A., Mano, R., Martínez-Menes, M., & Fernandez, D., (2014). *Priorización de áreas de intervención mediante análisis morfométrico e índice de vegetación*. Colegio de Postgraduados. México. Consultado: 10/06/2016. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-24222015000100007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222015000100007)
- Meneses-Tovar, C.L. (2011). *El índice normalizado diferencial de la vegetación como indicador de la degradación del bosque*. Comisión Nacional Forestal de México. Vol. 62. pp. 40-46. Consultado el: 05/01/2016. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i2560s/i2560s07.pdf>

- Ministerio del Ambiente. (2008). *Plan gerencial para Reserva de Producción de Fauna Chimborazo 2006-2008*. Quito. Consultado: 10/01/2016. Disponible en: <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/242256/35+PLAN+DE++CHIMBORAZO.pdf/d116d0db-aefc-477b-8188-f4a627af486d>
- Ministerio del Ambiente. (2012). *Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador 2012-2025*. República del Ecuador. Quito.
- Ministerio del Ambiente. (2013). *Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador Continental*. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito.
- Ministerio del Ambiente. (2014). *Áreas protegidas*. Consultado el: 01/12/2015, Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/areas-protegidas-3/>
- Ministerio de Ambiente. (2016). *Plan Anual Operativo*. Reserva de Producción de Fauna Chimborazo 27, 28 y 29 de Julio, Quito – Ecuador.
- Muñoz, A. P. (2015), *Índices de vegetación, geógrafo*, CIREN. Consultado el: 05/01/2016. Disponible en: <http://agroclimatico.minagri.gob.cl/wp-content/uploads/sites/26/2015/05/Indices-de-vegetaci%C3%B3n-PedroMu%C3%B1oz.pdf>
- Ortiz, D. (2003). Ecuador. En *Los Páramos del mundo*, eds. Robert Hofstede, Pool Segarra y Patricio Mena, 91-157. Quito: Proyecto Atlas Mundial de los Páramos, Global Peatland Initiative, NC-IUCN, EcoCiencia.
- Perú Ruteable. (2009). *Georreferenciación*. Consultado: 21/02/2016. Disponible en: <http://gps-peru.forums-free.com/gps-conceptos-basicos-t247.html>.
- Asamblea Nacional (2014). *Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua. Segundo Suplemento*. Registro Oficial No. 305. Consultado: 15/04/2016. Disponible en: <http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/LEYD-E-RECURSOS-HIDRICOS-II-SUPLEMENTO-RO-305-6-08-204.pdf>
- Congreso Nacional (2004). *Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre*. Registro Oficial Suplemento # 418. Registro Oficial No. 405. Consultado el:

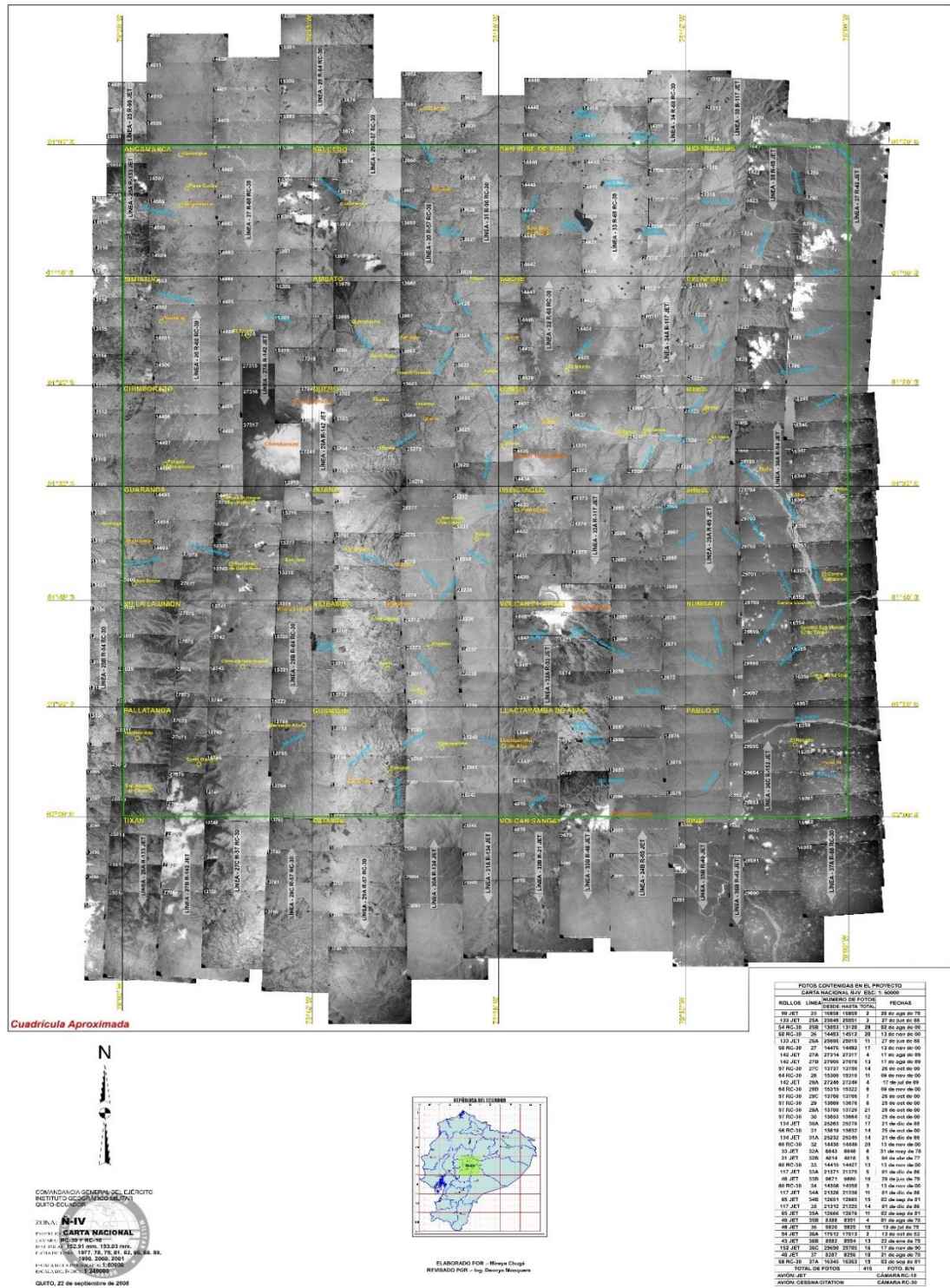
- 15/04/2016. Disponible en: <http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/LEYD-E-RECURSOS-HIDRICOS-II-SUPLEMENTO-RO-305-6-08-204.pdf>
- Rivera, J. (2007). *Reserva de Producción de Fauna Chimborazo*. ECOLAP y MAE. 2007. Guía del Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador. ECOFUND, FAN, DarwinNet, IGM. Quito – Ecuador.
- Sanz, M. (2012). *Conceptos básicos sobre sistemas de información geográfica (SIG)*. Consultado: 29/05/2015. Disponible en: [http://ggyma.geo.ucm.es/docencia/documentos/informatica/Informatica\\_9.pdf](http://ggyma.geo.ucm.es/docencia/documentos/informatica/Informatica_9.pdf).
- Tiedemann, J. L & Zerda, H. R. (2008). *Relación Temporal NDVI-PRECIPITACIÓN del Bosque y Pastizal Natural de Santiago del Estero*, Argentina. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Facultad de Ciencias Forestales. Av. Belgrano 1912. (cp 4200). Santiago del Estero. Argentina. 14(3), 497.
- Velázquez, A., Duran, E., Larrazabal, A., Lopez, F., & Medina, C. (2010). *La cobertura vegetal y los cambios de uso de suelo*. p. 28, 32. Consultado el: 10/01/2016. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/601/cobertura.pdf>
- Wasserstrom, R., & Southgate, D. (2013). *Deforestación, reforma agraria y desarrollo petrolero en Ecuador, 1964-1994*, Natural Resources, 4, 34-44 doi:10.4236/nr.2013.41004. Consultado el: 05/01/2016. Disponible en: <http://www.scirp.org/journal/nr>.
- Yanez, P., Núñez, M., Carrera, F., & Martínez, C. (2011). Posibles efectos del cambio climático global en zonas silvestres protegidas de la zona andina de Ecuador. La Granja. 13(1): 24- 44. ISSN: 1390-3799. Consultado el: 05/01/2016. Disponible en: <http://revistas.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/449/306>








## Anexo 02. Foto índice. Riobamba



Anexo 03. Foto índice. Carta Nacional.






# ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**CENTRO DE SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRÁFICA / FRN**

Oficio No. 002.CENSIG 16  
Riobamba, 01 de marzo del 2016

Coronel de EMC  
Ing. William Roberto Aragón Cevallos  
**DIRECTOR DEL I.G.M.**  
Presente.-



**INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR**  
**SECRETARÍA GENERAL**

MBRE: LCDO. JORGE ROMO FIRMA: [Firma]

CHA: 03-MAR 2016 HORA: 11:55

ANEXO: ☐ SI ☐ NO

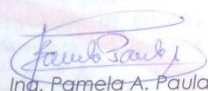
De mi consideración:

Con un cordial saludo, me dirijo comedidamente a fin de hacerle llegar el convenio a suscribirse entre la ESPOCH y el Instituto Geográfico Militar (IGM) mismo que fue aprobado por Consejo Politécnico en sesión permanente realizada el día martes 16 de febrero y miércoles 17 de febrero del presente año con Resolución No. 044.CP.2016 de la ESPOCH.


El presente convenio permitirá el intercambio de información; así como también la posibilidad de participar en proyectos de investigación de manera conjunta y la factibilidad de realizar pasantías en su prestigiosa institución.

Por vuestra atención, le agradezco.

Atentamente.



Ing. Pamela A. Paula A.  
**TÉCNICO - DOCENTE**  
**COORDINADOR DELEGADO CONVENIO**



**Nota:** Adjuntar documentos habilitantes, Registrar ciudad y fecha de firma del convenio.


Dirección: Panamericana Sur km 1 1/2  
[www.esPOCH.edu.ec](http://www.esPOCH.edu.ec)

Teléfono: 593 (03) 2 998-200 | Código Postal: EC060155  
[info@live.esPOCH.edu.ec](mailto:info@live.esPOCH.edu.ec)

Riobamba - Ecuador

Anexo 04. Solicitud-Firma de Convenio ESPOCH-IGM.






# ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES DECANATO**

Oficio 1296.D.FRN.2015  
 Riobamba, Octubre 29 de 2015

Ingeniero  
 William Aragón Cevallos, CRNL. DE E.M.C  
**DIRECTOR INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR**  
 Quito.-



**INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR**  
**SECRETARIA GENERAL**

NOMBRE: LCDO. JORGE ROMO FIRMA: [Firma]  
 FECHA: 30 OCT 2015 HORA: 10:22  
 ANEXO: SI ☐ NO ☐

De mi consideración:

Reciba un atento y cordial saludo a nombre de la Facultad de Recursos Naturales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a través de la presente me dirijo a Usted muy comedidamente, para informarle que en la Facultad muchos docentes y estudiantes vienen realizando proyectos investigativos; en este contexto el Señor Luis Alfredo Zambrano Zambrano estudiante de la Escuela de Ingeniería Forestal de la Facultad, está desarrollando el trabajo investigativo sobre el "ESTUDIO MULTITEMPORAL DE COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO DE LA RESERVA DE PRODUCCIÓN DE FAUNA CHIMBORAZO".

Para la elaboración y presentación de resultados de esta investigación, es necesario contar información geográfica, en tal virtud me permito solicitar a Usted comedidamente se sirva autorizar a quien corresponda nos facilite fotografías áreas de la Reserva de Producción de Fauna de Chimborazo de los siguientes años: 2015, 2000, 1985, 1970, 1955, o fechas aproximadas a las solicitadas, información que se requiere para el desarrollo del Proyecto de Investigación institucional, Proyecto SIG25, Evaluación de los Servicios Ecosistémicos de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo de la ESPOCH y el tema de investigación en mención.


Aprovecho esta oportunidad para desearle muchos éxitos en sus delicadas funciones, que están encaminadas al desarrollo y bienestar de los ecuatorianos, además agradecemos por su favorable atención a esta petición.

Cordialmente,  
 "Saber para Ser",

[Firma]  
 Ing. Franklin Arcos Torres  
**DECANO FACULTAD RECURSOS NATURALES**  
**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

cc: Ing. María Samaniego- Investigadora

Fanny G.




RECIBIDO

Dirección: Panamericana Sur km 1 1/2  
 www.esPOCH.edu.ec

Teléfono: 593 (03) 2 998-200 | Código Postal: EC060155  
 info@live.esPOCH.edu.ec

Riobamba - Ecuador

Anexo 05. Solicitud Fotografías Aéreas. IGM.



# ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES DECANATO**

Oficio 1297.D.FRN.2015  
Riobamba, Octubre 29 de 2015

Señor  
CRNL. E.M.T Iván Jarrín  
**DIRECTOR INSTITUTO ESPACIAL ECUATORIANO**  
Quito.-

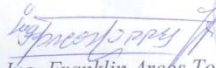
De mi consideración:

Reciba un atento y cordial saludo a nombre de la Facultad de Recursos Naturales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a través de la presente me dirijo a Usted muy comedidamente, para informarle que en la Facultad muchos docentes y estudiantes vienen realizando proyectos investigativos; en este contexto el Señor Luis Alfredo Zambrano Zambrano estudiante de la Escuela de Ingeniería Forestal de la Facultad, está desarrollando el trabajo investigativo sobre el "ESTUDIO MULTITEMPORAL DE COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO DE LA RESERVA DE PRODUCCIÓN DE FAUNA CHIMBORAZO".

Para la elaboración y presentación de resultados de esta investigación, es necesario contar información geográfica, en tal virtud me permito solicitar a Usted comedidamente se sirva autorizar a quien corresponda nos facilite las imágenes satelitales Aster, Lantsad y RapiDeye de la Reserva de Producción de Fauna de Chimborazo de los siguientes años: 2015, 2000, 1985, 1970, 1955, o fechas aproximadas a las solicitadas, información que se requiere para el desarrollo del Proyecto de Investigación institucional, Proyecto SIG25, Evaluación de los Servicios Ecosistémicos de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo de la ESPOCH y el tema de investigación en mención.

Aprovecho esta oportunidad para desearle muchos éxitos en sus delicadas funciones, que están encaminadas al desarrollo y bienestar de los ecuatorianos, además agradecemos por su favorable atención a esta petición.

Cordialmente,  
"Saber para Ser",



Ing. Franklin Arcos Torres  
**DECANO FACULTAD RECURSOS NATURALES**  
**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

cc: Ing. María Samaniego- Investigadora

Fanny G.



**RECIBIDO**

30 OCT 2015

Hora: 12:06

Firma: [Signature]

DIRECCIÓN EJECUTIVA



INSTITUTO  
ESPACIAL  
ECUATORIANO

Dirección: Panamericana Sur km 1 1/2  
[www.esPOCH.edu.ec](http://www.esPOCH.edu.ec)

Teléfono: 593 (03) 2 998-200 | Código Postal: EC060155  
[info@live.esPOCH.edu.ec](mailto:info@live.esPOCH.edu.ec)

Riobamba - Ecuador

Anexo 06. Solicitud Imágenes Satelitales. IEE.


I N S T I T U T O  
*Geográfico Militar*


### ACTA DE ENTREGA

**ANTECEDENTES**

- Oficio 1296.D.FRN.2015, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, del 29 de octubre de 2015
- Oficio No. 2016-0079-IGM-n, del 10 de marzo de 2016

**DATOS DE LA SECCIÓN**

Yo, Juan Carlos Córdova Oviedo, Servidor Público de la Gestión de Geoinformación (Proceso Fotografía Aérea) entrego al Sr. Luis Alfredo Zambrano Zambrano, ciento treinta y cinco (135) Escaneos de fotografías Aéreas según el siguiente detalle,

Rollo	Cámara	Desde	Hasta	Total
24	JET	4715	4723	9
28	JET	5540	5544	5
29	JET	5790	5795	6
21	JET	4145	4149	5
54	RC-30	13109	13114	6
60	RC-30	14494	14501	8
142	JET	27314	27317	4
57	RC-30	13737	13738	2
60	RC-30	14486	14492	7
64	RC-30	15315	15316	2
142	JET	27246	27249	4
64	RC-30	15309	15310	2
57	RC-30	13701	13704	4
45	USAF	3709	3714	6
51	USAF	4221	4229	9
71	USAF	6309	6318	10
27	USAF	2044	2053	10
27	USAF	2153	2160	8

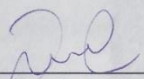
1977  
 77  
 74  
 74

26	USAF	1876	1885	10
26	USAF	1945	1952	8
52	USAF	4472	4477	6
52	USAF	4385	4388	4
<b>TOTAL</b>				<b>135</b>

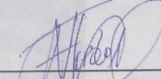
D.M. Quito, 24 de marzo de 2016

ENTREGA



Ing. Juan Carlos Córdova  
Gestión Geoinformación

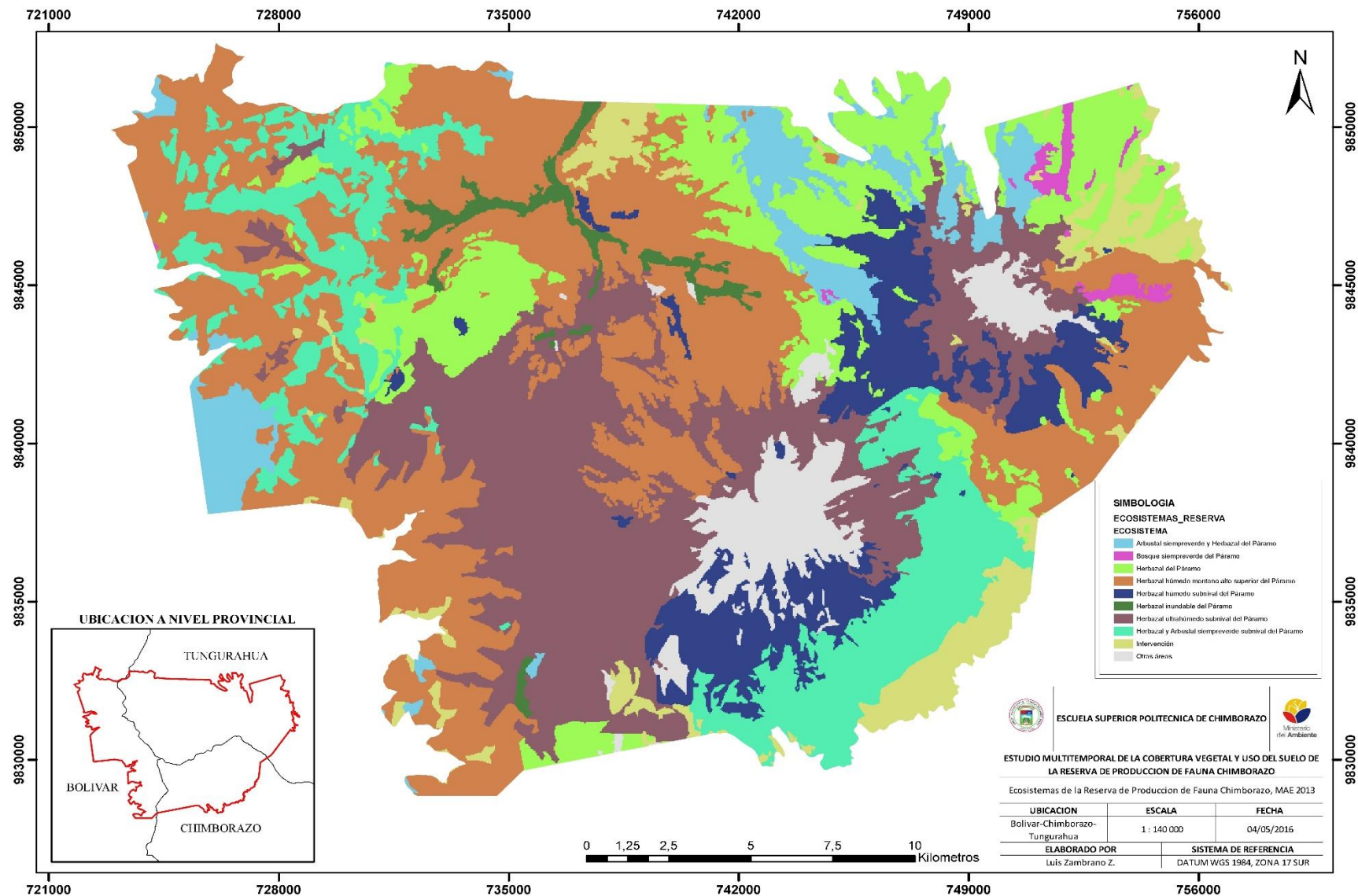
RECIBE



Sr. Luis Alfredo Zambrano  
ESPOCH

Anexo 07. Acta Entrega, Fotografías Aéreas. IGM.





Anexo 08. Ecosistemas Chimborazo (MAE. 2013)